cooperação alemã
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Por meio da: giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Em cooperação com

Ministério do Meio Ambiente

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

# Orientações para uso seguro de fluidos frigoríficos hidrocarbonetos

## Um manual para engenheiros, técnicos, instrutores e formuladores de políticas – Para uma refrigeração e climatização mais sustentável

PROGRAMA BRASILEIRO DE ELIMINAÇÃO DOS HCFCs
Projeto para o Setor de Serviços

TÜV SÜD

# Orientações para uso seguro de fluidos frigoríficos hidrocarbonetos

## Um manual para engenheiros, técnicos, instrutores e formuladores de políticas – Para uma refrigeração e climatização mais sustentável

**Editado por**
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Sedes registradas
Bonn e Eschborn

Proklima

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn, Alemanha
Telefone: +49 6196 79 -1022
Fax: +49 6196 79 80 - 1022
www.giz.de/proklima
proklima@giz.de

Gerente do programa: Bernhard Siegele,
bernhard.siegele@giz.de

**Em nome do**
Ministério Federal Alemão da Cooperação
Econômica e Desenvolvimento (BMZ)
Divisão do Meio Ambiente e Uso Sustentável de Recursos
Naturais
Dahlmannstraße. 4
53113 Bonn, Alemanha
Telefone: +49 228 99 535 – 0
Fax: +49 228 99 535 – 3500
www.bmz.de

**Co-Editado por**
Ministério do Meio Ambiente (MMA)
Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental
Departamento de Mudanças Climáticas, Gerência
de Proteção da Camada de Ozônio
SEPN 505, Lote 2, Bloco B, Sala 303, Ed. Marie Prendi Cruz
CEP: 70.730-542 Brasília-DF, Brasil
Telefone: +55 61 2028-2248
Fax: +55 61 2028-2908
www.mma.gov.br

**Autor Principal**
Daniel Coulbourne, Proklima,
d.coulbourne@re-phridge.co.uk

**Autores Colaboradores**
Rolf Huehren, Proklima,
rolf.huehren@proklima.net

Bernhard Schrempf, TÜV SÜD,
bernhard.schrempf@tuev-sued.de
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Westendstr. 199
80686 München
Alemanha

Stefanie von Heinemann, Proklima,
stefanie.heinemann@proklima.net

Sabine Meenen, TÜV SÜD,
sabine.meenen@tuev-sued.de

**Editores**
Dr. Volkmar Hasse, GIZ
Dr. Daniel Colbourne, Proklima
Linda Ederberg, Proklima
Rolf Huehren, Proklima

**Revisor Especialista**
Stephen Benton (Cool Concerns Ltd)
Pedro Serio

**Foto da Capa**
ice cube © Katarzyna Krawiec – Fotolia.com

**Projeto Gráfico**
Leandro Celes

**Impressão em Gráfica**
Qualytá Gráfica Editora Ltda

Brasília, setembro de 2015.

Catalogação na Fonte
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

B823o Brasil. Ministério do Meio Ambiente.
Orientações para uso seguro de fluidos frigoríficos hidrocarbonetos: um manual para engenheiros, técnicos, instrutores e formuladores de políticas – para uma refrigeração e climatização mais sustentável / Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2015.
344 p. ; Il. Color.

ISBN 978-85-7738-250-7

1. Manual (Refrigeração). 2. Ar condicionado. 3. Camada de ozônio. 4. HCFCs-PBH. 5. Protocolo de Montreal. I. Ministério do Meio Ambiente. II. Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. III. Departamento de Mudanças Climáticas. IV. Título.

CDU(2.ed.)621.565

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Orientações para uso seguro de fluidos frigoríficos hidrocarbonetos: um manual para engenheiros, técnicos, instrutores e formuladores de políticas – para uma refrigeração e climatização mais sustentável.** Brasília: MMA, 2015. 344 p.

Nota: Esta Publicação é uma tradução da edição de 2010 publicada pela
GTZ* Proklima no idioma inglês com atualizações.

A tradução desta Publicação foi realizada por meio do Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH), coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), por meio da Gerência de Proteção da Camada de Ozônio vinculada à Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental.

*Desde 1 de Janeiro de 2011, a GIZ reúne as capacidades e experiências de três organizações: a Deutscher Entwicklungsdienst (DED) GmbH (Serviço Alemão de Desenvolvimento), a Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH (Cooperação técnica alemã) e InWEnt gGmbH (Capacitação Internacional).

PROKLIMA é um programa da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, comissionado pelo Ministério Federal Alemão da Cooperação Econômica e Desenvolvimento (BMZ).

O programa PROKLIMA vem oferecendo apoio técnico e financeiro aos países em desenvolvimento desde 1996, para implementar as cláusulas do Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio.

O objetivo desta publicação da GIZ Proklima é apresentar as informações existentes e orientações relativas à utilização segura de fluidos frigoríficos hidrocarbonetos, mas também para informar de modo abrangente a forma com que todas as etapas do tempo de vida do sistema são abordadas de maneira interligada.

Reconhece-se que simplesmente descrever requisitos técnicos nem sempre é suficiente por si só para garantir que um elevado nível de segurança seja alcançado e, também, é importante a introdução de uma infraestrutura sólida e adequada. Por exemplo, os órgãos como o governo ou a indústria poderão criar regimes de certificação de treinamento técnico, ou fabricantes, distribuidores ou empresas contratantes poderão organizar seus sistemas de gestão de qualidade para ajudar na melhoria contínua dos níveis de segurança, etc. Todas estas são considerações importantes.

Este manual deverá funcionar como um guia para os formuladores de normas envolvidos com a formulação de políticas de âmbito nacional para apoiar o uso de fluidos frigoríficos naturais (ou seja, aspectos regulatórios, normas, etc.) e também para os fabricantes e instaladores de equipamentos de HCFC e HFC, os quais poderão avaliar de modo confiável a adequação das opções de hidrocarbonetos e, posteriormente, implementá-las.

A GIZ PROKLIMA fez uma parceria com a TÜV SÜD para garantir que o sistema de segurança fosse descrito a partir de dois ângulos, tanto do ponto de vista de terceiros ("third party") como de uma agência implementadora. Ambas as organizações trabalham com a implementação de fluidos frigoríficos inflamáveis e se uniram para desenvolver essas orientações.

# Índice


PREFÁCIO 17

PARTE 1: INFRAESTRUTURA DE SEGURANÇA 21

1.1 INTRODUÇÃO GERAL 21
1.1.1 Informações básicas 21
1.1.2 Utilização do manual 22
1.1.3 Conceito do manual 24
1.1.4 Considerações para os formuladores de políticas 27
1.1.5 Principais estágios durante o tempo de vida dos equipamentos 28

1.2 SEGURANÇA BÁSICA PARA O USO DE FLUIDOS FRIGORÍFICOS INFLAMÁVEIS 30
1.2.1 Introdução 30
1.2.2 Classificação do grupo de segurança dos fluidos frigoríficos HCs 31
1.2.3 Considerações básicas para trabalhar com fluidos frigoríficos inflamáveis 33

1.3 DESENVOLVIMENTO DOS SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE SEGURANÇA 34
1.3.1 Introdução 34
1.3.2 Desenvolvimento de políticas 35
1.3.3 Gestão e preparação dos funcionários 36
1.3.4 Planejamento e definição das orientações 37
1.3.5 Avaliação de desempenho 39
1.3.6 Auditoria e revisão 40

1.4 IDENTIFICAÇÃO DOS PARCEIROS DE COOPERAÇÃO 40
1.4.1 Introdução 40
1.4.2 Associações da indústria 41
1.4.3 Institutos e associações técnicas 41
1.4.4 Agências de desenvolvimento 42
1.4.5 Autoridades nacionais 42
1.4.6 Órgãos de padronização 44
1.4.7 Organismos de acreditação 45

1.5 MODELO DE REGULAMENTAÇÕES E NORMAS 46
1.5.1 Introdução 46
1.5.2 Regras nacionais de saúde e segurança 46
1.5.3 Regulamentações 47
1.5.4 Normas 47
1.5.5 Outras publicações 53

PARTE 2: SISTEMAS DE QUALIDADE RELACIONADOS À SEGURANÇA 54

2.1 INTRODUÇÃO 54
2.1.1 Visão geral 54
2.1.2 Sistemas de controle de qualidade 56

2.2 ELEMENTOS DE ENTRADA (INPUTS) 59

2.3 TESTES 60

2.4.1 Introdução 62
2.4.2 Utilização de serviços de inspeção terceirizados 63
2.4.3 Funcionamento de um organismo de inspeção 63
2.4.4 Aspectos práticos das inspeções 64

2.5 MONITORAMENTO 65

2.6 FEEDBACK E AÇÃO PREVENTIVA/CORRETIVA 66

2.7 ACREDITAÇÃO E CERTIFICAÇÃO 67

PARTE 3: TREINAMENTO 70

3.1 INTRODUÇÃO AO TREINAMENTO 70

3.1.1 Significado do treinamento 70
3.1.2 Reconhecimento da importância do treinamento 71
3.1.3 Conceito do treinamento e certificação 72
3.1.4 Treinamento para técnicos de serviço em campo 73

3.2 ESTRUTURA DAS INSTALAÇÕES DO LOCAL DE TREINAMENTO 74

3.2.1 Introdução 74
3.2.2 Configuração ideal do local de treinamento prático 74
3.2.3 Ferramentas e equipamentos 75
3.2.4 Implicações da situação do local 77

3.3 SISTEMA DE GESTÃO 78

3.3.1 Introdução 78
3.3.2 Necessidades de recursos 80
3.3.3 Avaliação 81
3.3.4 Método para certificação de pessoas 81
3.3.5 Registro de técnicos e empresas (licenciamento) 84
3.3.6 Inspeção das operações e do monitoramento 84

3.4 CONTEÚDO DAS NORMAS PARA TREINAMENTO DE REFRIGERAÇÃO 85

3.4.1 Introdução 85
3.4.2 Categorização dos tópicos do ARC e descrição das competências do ARC 86
3.4.3 Conteúdo programático adicional para fluidos frigoríficos HCs 86
3.4.4 Exemplo de critérios de avaliação 86

3.5 TREINAMENTO DE PROJETO E DESENVOLVIMENTO 86

3.5.1 Introdução 86
3.5.2 Treinamento técnico básico 87
3.5.3 Treinamento básico de produtos 87
3.5.4 Treinamento fundamental 87
3.5.5 Treinamento secundário 87

3.6 TREINAMENTO DE PRODUÇÃO 88
3.6.1 Procedimentos de trabalho na área de produção 88
3.6.2 Conscientização dos funcionários da produção 88
3.6.3 Equipe a ser treinada 88
3.6.4 Identificação das áreas 88
3.6.5 Mudanças na situação de trabalho 89
3.6.6 Revisão dos procedimentos 89
3.6.7 Treinamento da equipe para distribuição 89

PARTE 4: INFRAESTRUTURA DA LINHA DE PRODUÇÃO E FABRICAÇÃO 91

4.1 INTRODUÇÃO 91

4.2 FORNECIMENTO DE FLUIDO FRIGORÍFICO 92
4.2.1 Armazenamento de fluido frigorífico 92
4.2.2 Bombeamento do fluido frigorífico e controle de abastecimento 94
4.2.3 Tubulação de distribuição e armazenamento de fluido frigorífico 94

4.3 PRODUÇÃO DE EQUIPAMENTOS 94
4.3.1 Áreas de realização da carga de fluido frigorífico 94
4.3.2 Área de reparos de equipamentos e recolhimento de fluido frigorífico 95
4.3.3 Outras áreas de trabalho 95

4.4 SISTEMA DE SEGURANÇA DA FÁBRICA 96
4.4.1 Introdução 96
4.4.2 Detecção de gás 97
4.4.3 Sistema de ventilação 97
4.4.4 Alarmes de advertência 97
4.4.5 Sistema de controle 97
4.4.6 Marcação e sinais 98
4.4.7 Instruções e procedimentos 98

4.5 CONSIDERAÇÕES PARA ÁREAS DE SERVIÇOS/REPAROS 99
4.5.1 Introdução 99
4.5.2 Layout da área 99
4.5.3 Sistema de segurança da área de serviço 101
4.5.4 Práticas de trabalho 101
4.5.5 Equipamentos para área da oficina 101

4.6 TRANSPORTE DOS SISTEMAS 102
4.6.1 Introdução 102
4.6.2 Transporte terrestre 103
4.6.3 Transporte marítimo 103
4.6.4 Transporte aéreo 103

4.7 ARMAZENAMENTO DOS SISTEMAS 103
4.7.1 Introdução 103
4.7.2 Avaliação de riscos 105
4.7.3 Política de prevenção de acidentes 106
4.7.4 Configuração dos locais de armazenamento 106
4.7.5 Procedimentos gerais 108

4.7.6 Procedimentos de expedição/recebimento 108
4.7.7 Procedimentos de manutenção de registros 109
4.7.8 Procedimentos relacionados a equipamentos danificados 109

PARTE 5: PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO 111

5.1 INTRODUÇÃO AOS CONCEITOS DE PROJETO PARA OPERAÇÃO SEGURA DE SISTEMAS COM HIDROCARBONETO 111
5.1.1 Segurança integrada 111
5.1.2 Outras considerações de segurança 114

5.2 PREVENÇÃO DE VAZAMENTO 115
5.2.1 Introdução 115
5.2.2 Princípios gerais de projeto 116
5.2.3 Considerações relacionadas ao projeto e à instalação da tubulação 118
5.2.4 Considerações relacionadas ao projeto e instalação dos principais componentes do sistema 118
5.2.5 Considerações relacionadas às seleções das válvulas 119
5.2.6 Detecção de vazamento 119

5.3 LIMITES DE QUANTIDADE DE CARGA DE FLUIDO FRIGORÍFICO 121
5.3.1 Introdução 121
5.3.2 Categorias de ocupação 122
5.3.3 Ocupações de Categoria A (ocupação geral) 124
5.3.4 Ocupações de Categoria B (ocupação supervisionada) 124
5.3.5 Ocupações de Categoria C (ocupação autorizada) 125
5.3.6 Área desocupada 126
5.3.7 Cálculo das quantidades de carga permitidas ($M_{PER}$) 126
5.3.8 Fluxo de ar do equipamento 127

5.4 REDUÇÃO DA QUANTIDADE DE CARGA 131
5.4.1 Introdução 131
5.4.2 Conceito geral 131
5.4.3 Considerações relacionadas a cada tipo de componente do sistema 133

5.5 FONTES DE IGNIÇÃO E MÉTODOS DE PREVENÇÃO 137
5.5.1 Introdução 137
5.5.2 Superfícies quentes 137
5.5.3 Fontes de ignição provenientes de componentes elétricos 138
5.5.4 Orientações relacionadas às peças dos ventiladores 139
5.5.5 Considerações adicionais 140
5.5.6 Testes de simulação de vazamento para fontes potenciais de ignição 142

5.6 PROJETO DA INSTALAÇÃO DO SISTEMA 149
5.6.1 Introdução 149
5.6.2 Requisitos gerais para a instalação de sistemas dentro de locais fechados 149
5.6.3 Requisitos gerais para instalação de sistema em locais abertos 149
5.6.4 Sala de máquinas 151
5.6.5 Gabinetes ventilados 154
5.6.6 Instalação da tubulação 157
5.6.7 Sistemas indiretos ou secundários 159
5.6.8 Uso de dispositivos de segurança para controle de pressão 159

5.6.9 Detector (fixo) de fluido frigorífico 164
5.6.10 Integração dos conceitos de segurança 165

5.7 SINALIZAÇÃO E INSTRUÇÕES 169
5.7.1 Introdução 169
5.7.2 Indicação e sinalização 169
5.7.3 Manuais e outras instruções 172

5.8 ANÁLISE DE RISCO 175
5.8.1 Introdução 175
5.8.2 Técnicas gerais de avaliação de riscos 175
5.8.3 Metodologia específica 182
5.8.4 Características de inflamabilidade 191
5.8.5 Vazamento de fluido frigorífico 191
5.8.6 Dispersão de vazamentos de fluido frigorífico 194
5.8.7 Consequências da ignição 199

PARTE 6: OPERAÇÃO E INSTALAÇÃO DE SISTEMAS E EQUIPAMENTOS 204

6.1 ATIVIDADES REALIZADAS PELOS TÉCNICOS E MANUSEIO DE FLUIDOS FRIGORÍFICOS 204
6.1.1 Introdução 204
6.1.2 Avaliação de risco 205
6.1.3 Precauções gerais para a realização dos serviços 209
6.1.4 Acessando o circuito de refrigeração 211
6.1.5 Recolhimento de fluido frigorífico 212
6.1.6 Liberação de fluido frigorífico 214
6.1.7 Reparo de vazamentos 215
6.1.8 Verificação de vazamento (teste de estanqueidade) 216
6.1.9 Teste de resistência (pressão) 217
6.1.10 Evacuação do sistema 217
6.1.11 Carga de fluido frigorífico 218
6.1.12 Reparos dos componentes elétricos 219
6.1.13 Verificações de rotina do sistema 220
6.1.14 Detecção de gás 221
6.1.15 Manuseio do cilindro 221

6.2 INSTALAÇÃO DO EQUIPAMENTO 224
6.2.1 Introdução 224
6.2.2 Preparação 224
6.2.3 Conformidade com as orientações de segurança 225
6.2.4 Local de trabalho 227
6.2.5 Realização de testes 228
6.2.6 Sinalização e documentação 228

6.3 COMISSIONAMENTO DE SISTEMAS E INSTALAÇÕES 228
6.3.1 Introdução 228
6.3.2 Requisitos de comissionamento 229
6.3.3 Aspectos preliminares do projeto 230
6.3.4 Especificação 231
6.3.5 Pré-comissionamento 232

6.3.6 Manuseio do fluido frigorífico 235
6.3.7 Configurações e ajustes 235
6.3.8 Partida, parada e operação inicial do sistema 236
6.3.9 Entrega final e documentação da instalação 237

6.4 CONVERSÕES NO LOCAL E NA OFICINA 237
6.4.1 Princípios básicos e avisos 237
6.4.2 Considerações que afetam as conversões 240
6.4.3 Realização de conversões 242

6.5 DESMONTAGEM 247

PARTE 7: ESTUDO DE CASOS 248

7.1 Introdução 248

7.2 Benson ar-condicionado (Austrália) 249

7.3 Carter Retail Equipment (Reino Unido) 250

7.4 De'Longhi (Itália) 251

7.5 JCI (Dinamarca) 252

7.6 Hindustan Unilever / Kwality Walls Ice Cream (Índia) 253

7.7 Lidl (Alemanha) 256

7.8 Palfridge (Suazilândia) 258

7.9 Victorian Transport Refrigeration – Transporte refrigerado e A/C de veículo (Austrália) 260

7.10 Parceria da Waitrose com a John Lewis (Reino Unido) 262

BIBLIOGRAFIA, NORMAS E LEITURA ADICIONAL 264

ABREVIAÇÕES 269

GLOSSÁRIO 271

ANEXOS 278

ANEXO 1: ASPECTOS TÉCNICOS QUE NÃO ESTÃO RELACIONADOS À SEGURANÇA 278

ANEXO 2: EXEMPLO DOS PROCEDIMENTOS DE CONVERSÃO 285

ANEXO 3: RELAÇÃO DOS PARCEIROS DE COOPERAÇÃO 290

ANEXO 4: CARACTERÍSTICAS INFLAMÁVEIS DOS HCs 297

ANEXO 5: CÁLCULO DE CONCENTRAÇÃO EM CASO DE VAZAMENTO 302

ANEXO 6: EQUIPAMENTO PARA O TREINAMENTO DOS TÉCNICOS 307

ANEXO 7: CONTEÚDO DAS NORMAS PARA TREINAMENTO TÉCNICO 320

ANEXO 8: EXEMPLO DE CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DOS TÉCNICOS 339

ANEXO 9: LIVRO DE REGISTROS PARA USO DE FLUIDOS FRIGORÍFICOS 341

ANEXO 10: TABELAS DE PRESSÃO DE VAPOR E DENSIDADE DE LÍQUIDOS 342

# Lista de Tabelas

Tabela 1: Visão geral das várias partes do manual e dos grupos-alvo ..... 23
Tabela 2: Esquema de classificação de segurança dos fluidos frigoríficos ..... 32
Tabela 3: Resumo das normas de segurança relevantes ..... 51
Tabela 4: Áreas relevantes para criação do local de treinamento de HC ..... 75
Tabela 5: Níveis de risco total associados com a aplicação de HCs em diferentes tipos de sistemas ..... 83
Tabela 6: Recursos de segurança para tanques de armazenagem de fluido, áreas e salas de cilindros e salas de bombas ..... 93
Tabela 7: Intervalo típico do vazamento de fluido frigorífico empírico médio para tipos diferentes de sistema ..... 116
Tabela 8: Limites inflamáveis e limites práticos de vários fluidos frigoríficos HCs ..... 122
Tabela 9: Tipos de ocupação e exemplos ..... 123
Tabela 10: Resumo das quantidades máximas e permitidas de cargas de fluido frigorífico de acordo com várias normas ..... 129
Tabela 11: Visão geral dos diversos requisitos de teste para diferentes tipos de equipamento ..... 147
Tabela 12: Identificação da Categoria de PE para sistemas de HC que utilizam vasos de pressão e tubulações de tamanho pequeno ..... 161
Tabela 13: Exemplo de métodos de detecção e ações preventivas, bem como seus níveis de eficácia ..... 166
Tabela 14: Visão geral de informações necessárias para manuais ..... 174
Tabela 15: Exemplo de algumas perguntas FMEA para um sensor de detecção (fixo) de gás inflamável. ..... 177
Tabela 16: Exemplo de aplicação de HazOp durante o procedimento de carga de fluido frigorífico HC no sistema ..... 182
Tabela 17: Critérios de risco aceitável máximo sugerido ..... 190
Tabela 18: Exemplos de causas de vazamento, taxa de desenvolvimento e prevenção ..... 192
Tabela 19: Áreas de aplicação para fluidos frigoríficos naturais – Refrigeração ..... 241
Tabela 20: Fatores de conversão ($C_f1$) para estimar a quantidade da carga de HC equivalente ..... 242
Tabela 21: Fluidos frigoríficos HCs e suas propriedades básicas ..... 278
Tabela 22: Compatibilidade e solubilidade dos HCs com diferentes tipos de óleos ..... 279
Tabela 23: Fluidos frigoríficos HCs usados para substituir os fluidos frigoríficos SDOs e HFCs ..... 280
Tabela 24: Propriedades inflamáveis de alguns fluidos frigoríficos HCs ..... 298

# Lista de Figuras


Figura 1: Visão geral do conceito usado nesse manual ..... 25

Figura 2: Indicação da relevância de cada parte do manual ..... 26

Figura 3: Visão geral dos estágios do tempo de vida dos equipamentos, pessoas-chave e grupos de tópicos que podem ser necessários para execução do trabalho ..... 29

Figura 4: Triângulo de fogo ..... 33

Figura 5: Visão geral dos principais elementos do sistema de gerenciamento de segurança ..... 35

Figura 6: Visão geral dos vínculos entre organizações de padronização internacionais, europeias e nacionais (organismos nacionais são mostrados como exemplos) ..... 45

Figura 7: Hierarquia de regulamentações, normas e orientações do setor ..... 46

Figura 8: Método típico de implementação da norma de segurança ..... 48

Figura 9. Aspectos de um sistema de refrigeração implícito nas normas de segurança ..... 49

Figura 10: Principais normas europeias e internacionais que tratam de fluidos frigoríficos HCs, comitês técnicos e pessoas envolvidas com as associações ..... 50

Figura 11: Visão geral de um sistema de qualidade para tratar de questões de segurança ..... 56

Figura 12: Tipos mais comuns de testes e onde eles são executados ..... 61

Figura 13: Exemplo de representação esquemática da estrutura típica do sistema educacional (incluindo VET) na Alemanha ..... 77

Figura 14: Visão geral de um sistema de qualidade geral aplicado ao treinamento, certificação e registro de técnicos ..... 79

Figura 15: Cronograma sugerido para introdução passo a passo de fluidos frigoríficos hidrocarbonetos de acordo com o nível de risco ..... 83

Figura 16: Visão geral das categorias de treinamento a serem consideradas ..... 86

Figura 17: Processo de fabricação típico, identificando as áreas nas quais vazamentos de fluido frigorífico podem ocorrer ..... 92

Figura 18: Exemplos de sinalização apropriada ..... 98

Figura 19: Layout sugerido para área de serviços /reparos ..... 100

Figura 20: Método geral o qual dever ser respeitado nos casos de armazenamento e estocagem de equipamentos ..... 104

Figura 21: Fluxograma indicando os passos de projeto para introduzir substâncias inflamáveis com segurança ..... 111

Figura 22: Uma indicação da tendência a vazamento de cada um dos diferentes componentes ..... 117

Figura 23: Determinação da quantidade de carga máxima de fluidos frigoríficos HCs e tamanho da sala ..... 130

Figura 24: Ilustração de como a carga de fluido frigorífico específica pode variar conforme a capacidade de refrigeração do sistema e intervalo de temperatura de aplicação ..... 132

Figura 25: Variação da carga de fluido frigorífico específica para, aproximadamente, 250 aparelhos de ar-condicionado split usando R22, de nove fabricantes diferentes ..... 132

Figura 26: Exemplo de distribuição de carga de fluido frigorífico dentro de um ar-condicionado do tipo split ..... 133

Figura 27: Ilustração dos benefícios da redução do diâmetro do tubo do condensador com R290 ..... 135

Figura 28: Indicação da distância "segura" de um sistema de refrigeração ..... 151

Figura 29: Sugestão para entradas e saídas de ventilação mecânica para uma sala de máquinas ..... 154

Figura 30: Diagrama esquemático de opções para gabinetes ventilados ..... 156

Figura 31: Fluxograma para determinar os meios adequados de proteção contra pressão excessiva ..... 163

Figura 32: Efeito da redução de carga de fluido frigorífico em determinados parâmetros de um sistema, para um sistema com dispositivo de expansão termostática (esquerda) e um sistema com um tubo capilar (direita) baseado em temperatura externa de 35 graus ..... 167

Figura 33: Alteração na concentração de fluido (acumulado no piso da sala) através da ativação e desativação do fluxo de ar (note que essa ilustração não indica que uma opção é mais eficaz do que outra, a diferenciação serve apenas para um melhor esclarecimento do diagrama) ..... 168

Figura 34: Uso de uma válvula solenoide normalmente fechada em um sistema remoto ou dividido ..... 169

Figura 35: Alguns sinais de proibição que podem ser utilizados durante o manuseio do fluido frigorífico e as outras atividades ..... 171

Figura 36: Alguns sinais de aviso que podem ser aplicados aos equipamentos e áreas de trabalho ..... 171

Figura 37: Alguns sinais obrigatórios para uso em equipamentos ..... 171

Figura 38: Alguns sinais obrigatórios para uso em áreas de trabalho ..... 172

Figura 39: Sinalização de risco de "gás inflamável" ..... 172

Figura 40: Perguntas a serem feitas para cada componente em um sistema como parte de um FMEA ..... 176

Figura 41: Exemplo da definição de riscos, com base na frequência da ocorrência de um evento não planejado e no valor do custo dos danos causados por consequência desse evento: "A" é inaceitável, "G" é aceitável ..... 177

Figura 42: Exemplo de uma árvore de eventos para um vazamento de gás inflamável de uma tubulação ..... 179

Figura 43: Exemplo de uma árvore de falha conduzindo a um evento top que é uma ignição de um gás inflamável proveniente de um SOI desprotegido ..... 180

Figura 44: Típico diagrama de fluxo de trabalho para realização de uma análise HazOp ..... 181

Figura 45: Sequência básica de eventos que causam risco relacionados aos fluidos frigoríficos inflamáveis ..... 183

Figura 46: Mapa de modos, locais e público-alvo a serem considerados na análise de risco ..... 184

Figura 47: Diagrama de Venn indicando as ocorrências necessárias para ignição ..... 186

Figura 48: Proporções de volume-tempo inflamável presentes no nível inferior para várias situações diferentes ..... 187

Figura 49: Exemplo de uma curva de frequência-consequência para ignição de fluido frigorífico inflamável a partir de vazamentos de tamanhos diferentes em unidade interior, unidade exterior e espaço ocupado para um ar condicionado ..... 190

Figura 50: Exemplo de uma distribuição de tamanhos de vazamentos para um conjunto de sistemas, nos quais grandes vazamentos não são frequentes, mas pequenos vazamentos são muito mais frequentes ..... 193

Figura 51: Exemplo de orifícios de vazamento de fluido frigorífico por corrosão ..... 193

Figura 52: Método de medição da taxa de vazamento de um componente, conexão ou outro elemento ..... 194

Figura 53: Ilustração da região inflamável após um vazamento de fluido frigorífico de um evaporador dentro de uma sala ..... 195

Figura 54: Ilustração da região inflamável após um vazamento de fluido frigorífico dentro do gabinete do equipamento e o escape gradual da mistura ..... 195

Figura 55: Concentração máxima sobre o chão após o vazamento de uma determinada quantidade de R290 em uma sala de 25 $m^2$ com tempos diferentes de vazamento ..... 196

Figura 56: Concentração máxima sobre o chão após o vazamento de 300 g em uma sala de 25 $m^2$ para alturas e tempos diferentes de vazamento ..... 196

Figura 57: Concentração máxima sobre o chão para um vazamento de 0,5 kg dentro de uma sala entre um período de 7 minutos sem nenhum fluxo de ar dentro da sala ..... 197

Figura 58: Concentração máxima sobre o chão para um vazamento dentro de uma sala com uma massa correspondente a 8 g/$m^3$ entre um período de 7 minutos, com e sem fluxo de ar ..... 197

Figura 59: Efeito da velocidade de ar média na sala de um vazamento em uma sala de 25 m2. Para uma velocidade de ar suficientemente alta, a concentração máxima é a mesma que a concentração média sobre o chão ..... 198

Figura 60: Efeito da área do duto de saída do ar em relação a concentração sobre o chão de um vazamento de 0,5 kg em 7 min dentro de uma sala de 25 m2. Uma menor área de duto proporciona uma velocidade mais alta que consequentemente cria uma melhor mistura ..... 198

Figura 61: Efeito da altura do vazamento em relação à altura da descarga de ar, quando o duto está na mesma altura do vazamento, e quando a altura do duto é fixa ..... 199

Figura 62: Variação na concentração sobre o chão para diferentes fluidos frigoríficos HC, em relação a uma faixa de vazão de ar ..... 199
Figura 63: Processo de combustão levando às consequências ..... 200
Figura 64: Exemplos de desenvolvimento de sobrepressão da sala sob diferentes situações ..... 202
Figura 65: Exemplos de desenvolvimento de sobrepressão do compartimento com construções diferentes ..... 202
Figura 66: Identificação das atividades que possam envolver emissão de fluido frigorífico ..... 208
Figura 67: Diagrama ilustrando o posicionamento e a forma que a mangueira de liberação deve ser instalada ..... 215
Figura 68: Procedimento geral para a instalação de sistemas e equipamentos ..... 224
Figura 69: Resumo de limites de quantidade de carga de fluido frigorífico HC para um circuito único dentro de um espaço ocupado, de acordo com o tipo de sistema ..... 225
Figura 70: Visão geral e sequência dos estágios mais importantes envolvidos no comissionamento ..... 230
Figura 71: Quadro indicativo para auxiliar na decisão sobre a possibilidade de converter um sistema, para que ele passe a utilizar fluido frigorífico HC, em conformidade com as normas relevantes ..... 239
Figura 72: Fluxograma indicando a sequência de atividades para converter um sistema para o uso de fluido frigorífico HC ..... 246
Figura 73: Variação da temperatura de autoignição, conforme a concentração do gás ..... 299
Figura 74: Variação da energia mínima de ignição, conforme a concentração do gás ..... 299
Figura 75: Variação do calor de combustão, conforme a concentração do gás ..... 300
Figura 76: Variação de temperatura adiabática da chama, conforme a concentração do gás ..... 300
Figura 77: Variação da velocidade laminar da chama, conforme a concentração do gás ..... 301
Figura 78: Exemplo de diferentes concentrações no nível do piso e a média dos valores ..... 302
Figura 79: Diagrama esquemático dos parâmetros envolvidos no cálculo da concentração ..... 303
Figura 80: Gradiente da evolução da concentração junto ao piso, em relação ao tempo ..... 305

# Agradecimentos

GIZ Proklima presta seus agradecimentos aos profissionais a seguir por suas valiosas contribuições para essa publicação:

Alberto Aloisi, De'Longhi

Alex Cohr Pachai, JCI

Andreas Schwarz, Lidl

Atul Padalkar, Singhad College

Bernhard Siegele, GIZ Proklima

Berty Jacob, Unilever

Brent Hoare, Green Cooling Association

Igor Croiset, GIZ Proklima

Joachim Schadt, Lidl

Les King, Waitrose / John Lewis Partnership

Peter Matthews, HSM Distributors Australia

Piero Poggiali/Ronni Capodaglio, Galileo TP Srl

Rene van Gerwen, Unilever

Rohan Cox, VTR

Roy Singh, Palfridge

Sukumar Devotta

Gostaríamos de agradecer especialmente pela revisão, como especialista técnico, a:

Stephen Benton da Cool Concerns Ltd.

Além do mais, expressamos também nossos agradecimentos a todos os que nos auxiliaram na produção, pesquisa, edição e preparação visual:

Rebecca Kirch, GIZ Proklima

Ewa Macinski, GIZ Proklima

# PREFÁCIO

## Por Dr. Volkmar Hasse, GIZ Proklima, Eschborn, maio de 2010

Em 2007 os participantes do Protocolo de Montreal decidiram por uma eliminação progressiva dos hidroclorofluorcarbonos (HCFCs), um grupo de substâncias que destroem a camada de ozônio (SDOs) e que possuem alto potencial de aquecimento global (GWP). Uma parte importante dessa decisão foi o acordo de assistência a países em desenvolvimento por parte do Fundo Multilateral do Protocolo de Montreal que devem priorizar tecnologias alternativas aos HCFCs, as quais minimizam os efeitos climáticos e outros efeitos ambientais. Para isso, o GWP dos fluidos frigoríficos alternativos deve ser o mais baixo possível e a eficiência energética dos equipamentos deve ser a maior possível.

O HCFC usado mais frequentemente em ar-condicionado é o fluido frigorífico HCFC-22. Todas as alternativas convencionais facilmente disponíveis para substituir o HCFC-22 são baseadas em gases hidrofluorcarbonos (HFC), os quais também possuem alto GWP.

Algumas alternativas ao HCFC-22 que apresentam baixo GWP são inflamáveis, porém em diferentes níveis de inflamabilidade e, portanto, exigem precauções apropriadas. Dentre essas opções, as escolhas menos problemáticas são os fluidos frigoríficos naturais hidrocarbonetos (HC). Estes apresentam potenciais de aquecimento global desprezíveis e caso venham a pegar fogo não produzirão gases nocivos. Na verdade, o fluido frigorífico hidrocarboneto HC-290 é um propano altamente refinado, sendo que este gás é utilizado globalmente na cozinha.

A introdução de hidrocarbonetos como substitutos ao HCFC-22 será um fator importante na prevenção de emissões de gases com alto poder de contribuição para o efeito estufa, que estão aumentando progressivamente. Isso é necessário para ajudar na prevenção das catástrofes climáticas previstas para este século, as quais afetariam mais severamente os países em desenvolvimento. É, portanto, responsabilidade da nossa geração facilitar essa transição e torná-la possível. Os benefícios ambientais dessa tecnologia são fundamentais e podem ajudar literalmente a salvar milhões de vidas.

Ainda que evitar as mudanças climáticas seja o mais importante desafio dos nossos dias, continua sendo importante prestar atenção aos detalhes de como estão ocorrendo as conversões para os fluidos frigoríficos hidrocarbonetos mais sustentáveis, para evitar acidentes desnecessários causados por falta de conhecimento ou negligência.

Há atualmente um enorme crescimento do uso de HCFCs e HFCs nos países em desenvolvimento. Isso é alarmante, visto que claramente anula os esforços mundiais para conter outros gases de efeito estufa menos potentes. Além disso, proporciona um desperdício econômico, pois pode-se prever que os atuais esforços internacionais que visam uma "redução" de HFC exigirão conversões industriais mais caras em um futuro próximo. Muitos países em desenvolvimento já perceberam essa situação e estão buscando uma conversão para tecnologias sustentáveis e definitivas. Os países em desenvolvimento expressaram, em diversas vezes, suas preferências pela introdução de tecnologias com base em fluidos frigoríficos naturais com nenhum ou com insignificante potencial de aquecimento global e maior eficiência energética.

Devido a esse fenômeno, o Comitê Executivo do Fundo Multilateral do Protocolo de Montreal decidiu oferecer um aumento de 25% no financiamento dos planos de gerenciamento para eliminação dos HCFCs, caso sejam escolhidas alternativas de baixo GWP. Portanto, com a eliminação do HCFC-22 será vantajoso introduzir os fluidos frigoríficos naturais.

Contudo, quando os países em desenvolvimento começarem a adotar hidrocarbonetos como fluidos frigoríficos, as autoridades e empresas, assim como técnicos e engenheiros autônomos, encontrarão algumas barreiras na sua implantação. Muitas delas estão relacionadas à falta de informações e a percepções

equivocadas sobre a inflamabilidade, levando ao medo e relutância. Mas, mesmo assim, observa-se a adoção crescente de hidrocarbonetos nos países em desenvolvimento, porém, infelizmente, com pouco conhecimento, o que resulta em condições operacionais perigosas do equipamento.

Mesmo não podendo nos responsabilizar por qualquer conversão de tecnologia, consideramos que é essencial contribuir da melhor forma, fornecendo informações sobre segurança de forma facilmente compreensível, a fim de garantir uma conversão segura e sustentável para os fluidos frigoríficos naturais. É importante destacar que todos já utilizam os gases hidrocarbonetos na vida diária, seja na cozinha , como gás de cozinha ou em refrigeradores; nos veículos, como um combustível mais sustentáveis que substitui a gasolina; e como gás propelente em produtos de higiene, tais como, desodorantes e spray para cabelos. Portanto, reconhecemos que os fluidos frigoríficos hidrocarbonetos podem ser utilizados com segurança nas mais diversas aplicações, incluindo aparelhos de ar-condicionado.

Com este manual queremos dar um passo além, com relação à segurança, fornecendo informações sólidas e confiáveis sobre as precauções que podem ser tomadas para evitar acidentes indesejáveis.

Este manual é destinado a um público preocupado com a introdução de fluidos frigoríficos hidrocarbonetos em todos os níveis: projeto, fabricação, instalação, manutenção e revisão do equipamento, assim como o descarte ao final do seu tempo de vida e tem como objetivo:

- Ajudar os formuladores de políticas a incentivar a adoção nacional da tecnologia de hidrocarbonetos, com ênfase na segurança e na tecnologia de ponta;
- Permitir que fabricantes e instaladores de equipamentos HCFC e HFC avaliem e posteriormente implantem as diferentes opções de hidrocarbonetos de forma adequada e confiável;
- Permitir a transição dos HCFCs diretamente para fluidos frigoríficos naturais, ignorando a introdução de HFCs transitórios e de alto GWP;
- Para oferecer um serviço ainda melhor para nossos países parceiros, a GIZ Proklima formou uma aliança com TÜV SÜD, uma autoridade reconhecida em sistemas de segurança e qualidade.

A GIZ Proklima tem a experiência de trabalhar, em primeira mão, com a introdução de fluidos frigoríficos hidrocarbonetos em países em desenvolvimento em níveis governamentais, industriais e de serviços. Essa experiência vem sendo acumulada desde 1995, em aproximadamente 40 países em desenvolvimento, começando com a introdução da tecnologia de hidrocarbonetos “Greenfreeze” para refrigeradores na China e na Índia, e por meio de extensivos programas de treinamento para técnicos de refrigeração e ar-condicionado, atribuindo diversas questões complexas relacionadas ao setor de serviços. A GIZ Proklima também implanta diversos projetos com fluido frigorífico natural no mundo todo, incluindo ar-condicionado, refrigeração comercial e industrial.

Como complemento, a TÜV SÜD oferece a experiência na avaliação de segurança de sistemas de refrigeração no mundo todo, incluindo certificação e acreditação de equipamentos recentemente desenvolvidos. As contribuições da TÜV SÜD vão desde a definição da infraestrutura de controle de qualidade e inspeções correspondentes, até o treinamento e a certificação.

Este é o momento ideal para a ampla introdução de novos fluidos frigoríficos, mais baratos e sustentáveis, nos países em desenvolvimento, a fim de oferecer uma refrigeração mais sustentável para sistemas de conforto e processos. Uma mudança dos HCFCs (os quais destroem a camada de ozônio) diretamente para fluidos frigoríficos hidrocarbonetos contribuirá para um crescimento mais verde das economias emergentes. Essa atitude evitará um acúmulo imenso de emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para a preservação do planeta para nossos filhos.

## Por Bernhard Schrempf, TÜV SÜD, Munique, maio de 2010

A aplicação de fluidos frigoríficos naturais na indústria de refrigeração e ar-condicionado está aumentando, e isso se deve em grande parte às suas características ambientais favoráveis. Por mais de um século, a amônia (R717) foi usada predominantemente em grandes sistemas de refrigeração (geralmente com capacidades acima de 100 kW), e esse trajeto apresentou grande sucesso. Contudo, para sistemas de menor capacidade, o uso da amônia (R717) é menos viável por diversas razões técnicas e pelo alto custo dos componentes e equipamentos necessários para esse tipo de fluido.

Portanto, a adoção de outros fluidos frigoríficos naturais, como os hidrocarbonetos – propano (R290), propileno (R1270) e também o butano (R600a) – pode ser amplamente utilizada. Esses fluidos frigoríficos são obviamente muito inflamáveis e explosivos, de forma que, enquanto sua aplicação como fluidos frigoríficos produz excelentes benefícios ambientais, seu manuseio demanda uma especialização fundamental. Ou seja, desde que sujeita à conformidade com certos princípios de segurança, a aplicação de fluidos frigoríficos hidrocarbonetos inflamáveis pode ser realizada de forma tão segura quanto a de qualquer outro tipo de fluido frigorífico.

Este manual tem como objetivo informar a respeito das boas práticas de aplicação, manuseio e trabalho com fluidos frigoríficos inflamáveis, de modo que os sistemas e as operações sejam conduzidos de forma segura. Além das informações gerais sobre segurança, este manual descreve formas de garantir a qualidade associada ao projeto e a construção de componentes e sistemas, e descreve também as práticas desejáveis de manuseio que devem acompanhar seu uso.

Além disso, um dos aspectos mais importantes que o setor de refrigeração enfrenta hoje em dia é o vazamento de fluido frigorífico. Essa questão é importante para todos os grupos de fluidos frigoríficos, e não somente aos inflamáveis. Sistemas com vedação permanente oferecem tanto um alto nível de segurança, quanto preservam a eficiência do sistema. Dessa forma, a questão da estanqueidade do sistema também é abordada detalhadamente neste manual.

## ATENÇÃO: AVISO LEGAL

A GIZ e a TÜV SÜD não assumem quaisquer responsabilidades por declarações feitas neste manual ou quaisquer ações tomadas por seus leitores ou usuários, as quais possam causar danos não intencionais ou lesões como resultado de quaisquer recomendações ou declarações nele contidas. Embora todas as declarações e informações contidas neste documento sejam consideradas precisas e confiáveis, elas são apresentadas sem garantia de qualquer espécie, explícitas ou implícitas. As informações aqui fornecidas não excluem a responsabilidade do leitor ou usuário de realizar a sua própria avaliação e análise da situação. Sendo assim, o leitor ou usuário assume todos os riscos e responsabilidades no uso das informações, ações e eventos obtidos. O leitor ou usuário não deve presumir que todos esses dados de segurança, medidas e orientações sejam suficientes ou que outras medidas não possam ser exigidas. Este manual apenas faz recomendações gerais sobre o uso de hidrocarbonetos como fluido frigorífico, e não substitui orientações e instruções mais específicas. As leis nacionais e orientações devem ser consultadas e respeitadas em todas as circunstâncias. O manuseio de fluidos frigoríficos inflamáveis, com seus sistemas e equipamentos associados, deve ser realizado somente por técnicos qualificados e treinados.

# PARTE 1: INFRAESTRUTURA DE SEGURANÇA

## 1.1 INTRODUÇÃO GERAL

### 1.1.1 Informações básicas

O interesse nos fluidos frigoríficos a base de HC e sua aplicação estão em expansão, especialmente agora que o impacto dos fluidos frigoríficos no aquecimento global está se tornando cada vez mais importante para o setor de refrigeração e ar-condicionado.

A eliminação acelerada dos HCFCs sob o Protocolo de Montreal, em setembro de 2007, e uma regulamentação prevista sobre emissões de gases fluorados em um futuro acordo sobre mudanças climáticas – no escopo de Montreal e Quioto – intensificam a necessidade de substituição das substâncias fluoradas amplamente utilizadas em favor de fluidos frigoríficos sustentáveis.

Os fluidos frigoríficos à base de hidrofluorcarbono (HFC) com seu alto potencial de aquecimento global (GWP), bem como os fluidos frigoríficos naturais sustentáveis (como os hidrofluorcarbono, a amônia e o dióxido de carbono) estão todos disponíveis como tecnologias maduras para a maioria das aplicações, tanto nos países industrializados como naqueles em desenvolvimento. Se os HFCs continuarem a substituir os HCFCs de forma substancial, os benefícios climáticos do Protocolo de Montreal poderão ser perdidos em curto período de tempo. Apesar de suas propriedades superiores, os fluidos frigoríficos naturais ainda permanecem nas sombras, principalmente por causa das preocupações exageradas em termos de segurança, as quais são raramente abordadas de modo apropriado.

É amplamente conhecido o fato de que os HCs são excelentes fluidos frigoríficos em termos de desempenho e de seus aspectos desprezíveis em relação ao impacto ambiental. Entretanto, existe um entendimento geral de que seu principal obstáculo está relacionado à sua inflamabilidade.

Atualmente, as informações sobre os problemas de segurança dos fluidos frigoríficos naturais não estão consolidadas em um único local ou material e com a evolução contínua das normas de segurança muitas das informações existentes publicadas estão cada vez mais desatualizadas. Para garantir um bom nível de segurança é necessário que todos os estágios do tempo de vida do equipamento – da concepção à destruição – sejam considerados. A maioria das publicações atualmente disponíveis somente aborda os elementos mais comuns do tempo de vida de um sistema, por exemplo, manuseio do fluido frigorífico, atividades de manutenção, orientações de projeto, etc. Além disso, algumas publicações são muito básicas ou incompletas, ao passo que outras (como as normas de segurança) parecem frequentemente complexas e exigem conhecimentos especializados para sua compreensão.

Portanto, o objetivo desta publicação é não somente comparar muitas das informações e orientações existentes relacionadas ao uso seguro dos fluidos frigoríficos HCs, mas também apresentar as informações de modo compreensível, no sentido de abordar todos os estágios do tempo de vida do sistema de forma correlacionada.

Este manual deverá funcionar como um guia para os formuladores de políticas, envolvidos no planejamento de políticas com abrangência nacional, de modo a apoiar a utilização dos fluidos frigoríficos naturais (isto é, aspectos de regulamentação, normas, etc.) e também para as empresas privadas que estão decidindo sobre a introdução de fluidos frigoríficos HCs e que precisam de conhecimentos sobre todos os aspectos técnicos, econômicos, ambientalmente relevantes e regulamentares na utilização segura dos HCs.

Também tem sido reconhecido o fato de que a simples descrição dos requisitos técnicos nem sempre é suficiente por si só para garantir a obtenção de um alto nível de segurança, portanto, também é importante considerar a introdução de uma infraestrutura robusta. Por exemplo, como órgãos governamentais e industriais podem estabelecer programas de treinamento técnico, ou como os fabricantes, distribuidores ou empreiteiras podem organizar seus sistemas de gestão de qualidade para ajudar na melhoria contínua dos níveis de segurança, entre outros, são considerações importantes.

### 1.1.2 Utilização do manual

Esse manual aborda uma ampla gama de aspectos, como organizacionais, regulamentares e técnicos.

Desse modo, ele está dividido em várias seções, cada qual sendo destinada a determinados grupos de usuários. As partes são as seguintes:

- Parte 1: Infraestrutura de segurança;
- Parte 2: Sistemas de qualidade relacionados à segurança;
- Parte 3: Treinamento;
- Parte 4: Infraestrutura da linha de produção e fabricação;
- Parte 5: Projeto e desenvolvimento de equipamentos;
- Parte 6: Serviços e atividades realizadas em sistemas e equipamentos;
- Parte 7: Estudos de casos.

Para fornecer alguma orientação sobre quais grupos de usuários poderão ser mais beneficiados da leitura de determinadas seções, um breve resumo e os grupos-alvo sugeridos estão listados na Tabela 1. Obviamente, que esses grupos não estão completos, mas, mesmo assim, podem ser utilizados para fornecer uma indicação sobre o tipo de conhecimento que pode ser obtido pela análise dos elementos relevantes de uma determinada parte deste manual. Também se observa que, frequentemente, algum texto contido em uma parte faz menção ao texto de outra parte e, desse modo, cada parte não pode ser sempre independente. Por exemplo, para aqueles que trabalham com sistemas, o material da Parte 6 é mais relevante, apesar de um técnico também ter a eventual necessidade de conhecimento das regras que especificam os limites de carga dos fluidos frigoríficos, abordados em detalhes na Parte 5, pois essas questões são basicamente um assunto de projeto. A Parte 7 fornece alguns estudos de caso e não inclui os requisitos para a utilização de HCs, mas fornece algumas informações sobre as experiências das empresas que passaram pelo processo.

Tabela 1: Visão geral das várias partes do manual e dos grupos-alvo

| Parte | Descrição | Grupos-alvo | Ligação com |
|---|---|---|---|
| **Parte 1: Infraestrutura de segurança** | Visão geral das implicações dos HCs em todos os estágios do tempo de vida dos equipamentos e informações básicas para o gerenciamento de problemas de segurança | Diretores e gerentes responsáveis por: aspectos técnicos, desenvolvimento de produto, linha de produção, treinamento; formuladores de políticas e autoridades nacionais; associações de comércio e institutos técnicos | Parte 2, Parte 3, Parte 4, Parte 5, Parte 6 |
| **Parte 2: Sistemas de qualidade relacionados à segurança** | Considerações para preparação e operação de um sistema de gestão de segurança focando no manuseio de fluidos frigoríficos HCs | Gerentes e engenheiros responsáveis por: produção de equipamentos, projetos; formuladores de políticas e autoridades nacionais | Parte 3, Parte 4, Parte 5, Parte 6 |
| **Parte 3: Treinamento** | Método de implementação do treinamento de diferentes grupos de pessoas em diferentes temas e formas de transferência de informações | Formuladores de políticas, unidades nacionais de ozônio, instituições de treinamento/ instrutores, professores e palestrantes | Parte 4, Parte 5, Parte 6 |
| **Parte 4: Infraestrutura da linha de produção e fabricação** | Aspectos gerais relacionados à preparação da infraestrutura das linhas de produção e pequenas linhas de montagem (ex.: montagem de rack de supermercado) de sistemas e equipamentos utilizando HCs, bem como das áreas destinadas aos serviços de manutenção e reparo desses sistemas e equipamentos | Gerentes e engenheiros envolvidos com: produção de equipamentos, manutenção e reparos | Parte 2, Parte 5 |
| **Parte 5: Projeto e desenvolvimento de equipamentos** | Elaboração das regras e informações gerais relativas ao projeto e à construção de sistemas utilizando HCs, e conceitos de avaliação de riscos para auxílio na avaliação da segurança dos equipamentos | Engenheiros e técnicos envolvidos com: desenvolvimento, projeto, comissionamento e manutenção de sistemas; associações de comércio e institutos técnicos | Parte 2 |
| **Parte 6: Serviços e atividades realizadas em sistemas e equipamentos** | Orientações gerais para o manuseio prático de fluidos frigoríficos HCs e equipamentos durante a instalação, serviço, manutenção e atividades relacionadas | Todos os engenheiros e técnicos de campo envolvidos com: serviços, reparo, manutenção, descarte e manuseio de fluidos frigoríficos; e associações de técnicos | Parte 3, Parte 5 |
| **Parte 7: Estudos de casos** | Exemplos de como as empresas têm adotado o uso de fluidos frigoríficos HCs | Fabricantes de sistemas, usuários finais e operadores | Todas as partes |

Além disso, os anexos fornecem informações suplementares para fins de consulta sobre:

- **Aspectos técnicos não relacionados à segurança** – Este anexo contém algumas informações gerais sobre a aplicação de fluidos frigoríficos em sistemas de refrigeração comparando o comportamento dos fluidos frigoríficos HCs com os fluidos frigoríficos convencionais, e também uma visão geral dos tipos de sistemas e aplicações que utilizam HCs normalmente;
- **Exemplo de procedimentos de conversão** – Fornece uma orientação ilustrada aos engenheiros e técnicos sobre como os sistemas podem ser convertidos para utilização segura dos HCs;
- **Parceiros de cooperação** – inclui uma seleção de diferentes tipos de parceiros que podem ser de interesse, dependendo do país ou da região a considerar;
- **Características de inflamabilidade dos HCs** – Descreve algumas características de inflamabilidade com o objetivo de esclarecer as implicações das substâncias inflamáveis;
- **Cálculos de concentrações de fluido frigorífico** – Esse anexo inclui algumas informações relacionadas à estimativa da concentração de fluido frigorífico decorrente de vazamentos que podem ser aplicadas a uma variedade de circunstâncias diferentes em espaços confinados. Este tópico é importante e visa auxiliar nas avaliações de segurança;
- **Equipamentos para técnicos** – Descreve uma lista razoavelmente extensa de ferramentas e equipamentos que serão normalmente necessários ao trabalho ou condução de seminários relacionados a treinamento prático sobre a utilização dos HCs;
- **Material para os módulos de treinamento sobre refrigeração** – Essas informações detalham os critérios dos requisitos mínimos em termos de habilidades e competências dos técnicos de refrigeração;
- **Formulário de registro da utilização de fluidos frigoríficos** – É um exemplo de formulário de dados que acompanha um sistema para que possa ser registrado seu histórico de serviço e manutenção;
- **Tabelas de pressão-temperatura de vapor e densidade de líquido** – Essas tabelas podem ser utilizadas para estimar pressões máximas de operação de diferentes fluidos frigoríficos e também nos cálculos para estimar as cargas de fluido frigorífico dos sistemas.

O manual também é complementado com um glossário e uma bibliografia abrangentes, incluindo normas de segurança e códigos de práticas relativos aos problemas de refrigeração, bem como as áreas de risco e várias outras fontes para leitura posterior.

Por último, reiteramos que a segurança desses sistemas e equipamentos requer a abordagem de muitos outros aspectos, como pressão, mecânica, toxicidade e segurança elétrica, para os quais orientações sobre segurança em geral e segurança de refrigeração deverão ser consideradas.

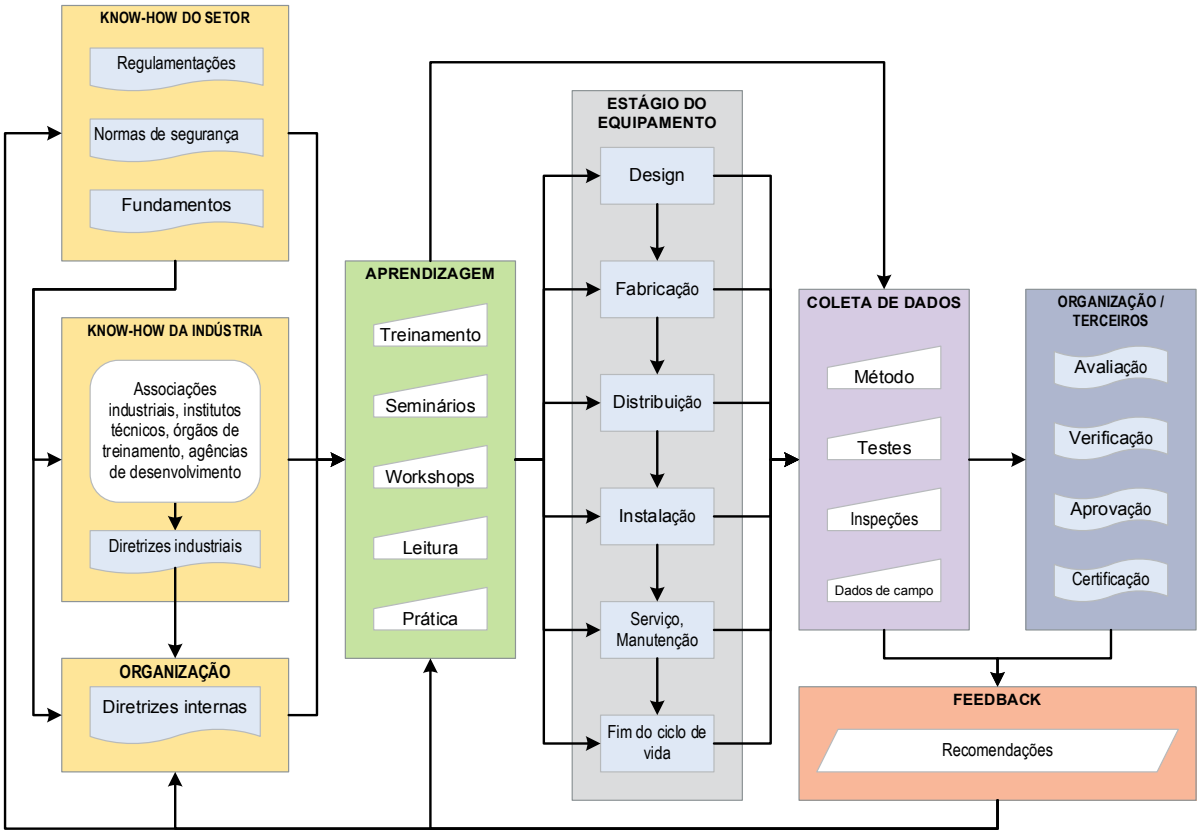
### 1.1.3 Conceito do manual

Para ajudar o leitor na utilização deste manual, é apresentada uma visão geral de como ele é compilado. Na Figura 1 é ilustrada uma visão geral conceitual dos elementos importantes que contribuem para lidar com a segurança dos equipamentos de refrigeração e ar-condicionado (RAC) durante todo o seu tempo de vida. Os estágios conceituais gerais pelos quais o equipamento passa ao longo de sua vida estão indicados no centro da Figura 1, começando com o seu projeto e terminando com o seu descarte ao final do tempo de vida. Cada um desses estágios requer normalmente informações ligeiramente diferentes por causa das demandas específicas daquele estágio.

As informações são, principalmente, obtidas do "setor", normalmente na forma de regulamentações, normas de segurança e também informações técnicas essenciais. Essas informações podem então ser transpostas para formatos mais usuais. Normalmente, isso é feito pela "indústria". Organismos específicos associados ao setor de RAC, como associações da indústria, institutos técnicos, universidades e faculdades e agências de desenvolvimento (particularmente no caso dos países A5) podem compilar as informações das fontes do setor para criar orientações gerais (destinadas ao setor industrial), códigos de prática e outros

materiais similares. De modo similar, organizações privadas, como fabricantes, empreiteiras ou até mesmo empresas de treinamento também podem produzir suas próprias orientações internas. Para isso, as informações podem ser obtidas de regulamentações, normas, entre outros e também, se disponível, das orientações gerais. Com frequência, as orientações, com abrangência setorial ou interna de uma organização específica, serão amplamente aplicáveis a um ou dois dos estágios dos equipamentos (por exemplo, estágio de projeto ou instalação e estágio de manutenção).

Figura 1: Visão geral do conceito usado nesse manual




O modo pelo qual essas informações são transferidas às pessoas diretamente envolvidas com os equipamentos em cada um dos estágios de seu tempo de vida é de extrema importância. Desse modo, a garantia de uma abordagem abrangente para aprendizagem é essencial, podendo ocorrer na forma de treinamento técnico, participação em seminários e workshops práticos, leitura de literatura pertinente e colocação em prática das informações assimiladas. Também devem ser abordados os tópicos relevantes ao envolvimento da pessoa com o equipamento fornecendo uma visão geral de muitos dos problemas.

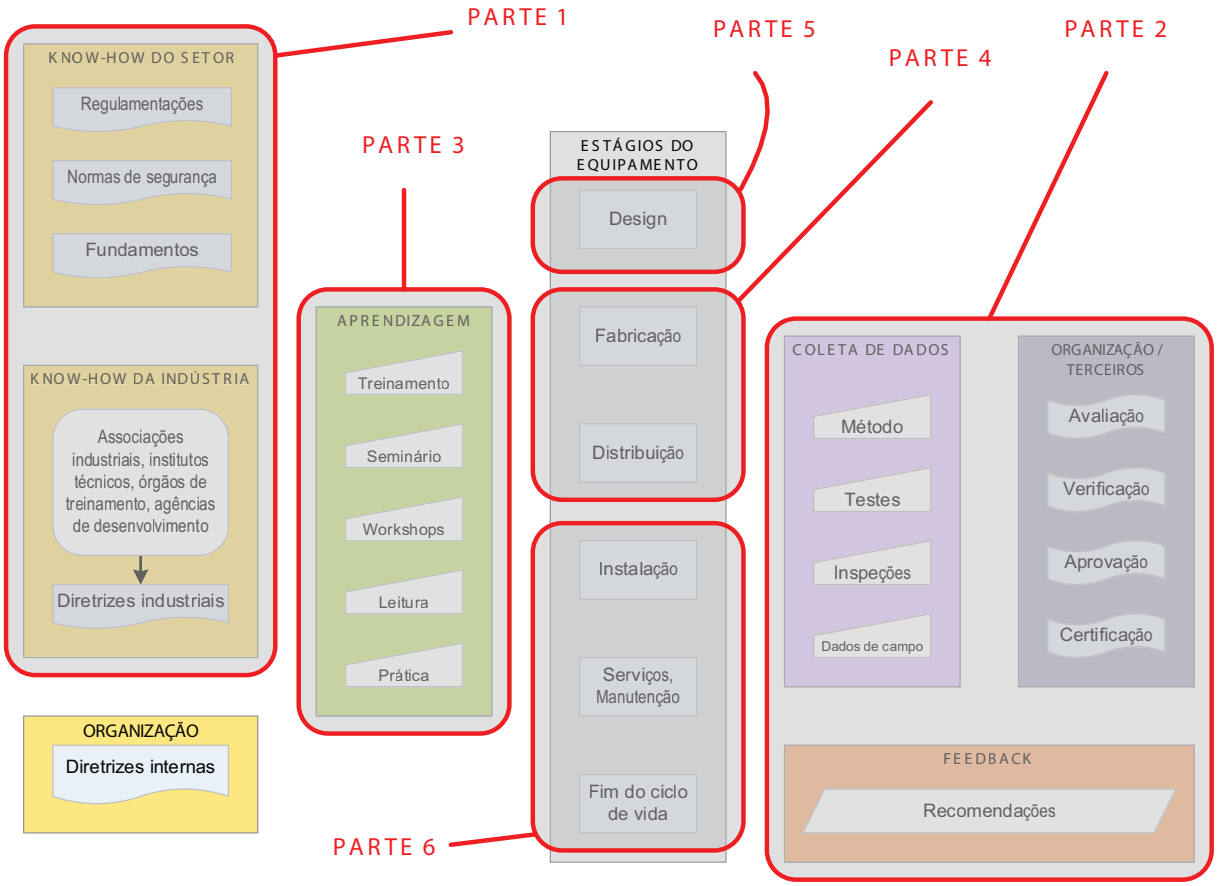
Para assegurar que os projetos, práticas, operação e outras atividades sejam desenvolvidos conforme planejado, um processo de coleta de dados deverá ser conduzido e pode ser voluntário ou obrigatório de acordo com determinadas estipulações. Essa coleta de dados poderá ser na forma de registro de métodos ou procedimentos de trabalho, realização de testes no local ou em laboratório, inspeções ou coleta e compilação de dados no campo.

Esses dados podem ser então utilizados de diferentes formas, internamente por algumas pessoas da organização ou por terceiros. Os dados podem ser utilizados para avaliação da confiabilidade dos componentes, processos ou operações. Também podem ser utilizados para verificar o atendimento de determinados critérios designados e, em alguns casos, aprovação e certificação de projetos, testes, procedimentos entre outros. Além disso, os mesmos procedimentos de coleta de dados e avaliação e certificação podem ser utilizados para garantir que os processos de aprendizagem necessários estão sendo conduzidos de modo apropriado.

Um dos resultados mais úteis da coleta de dados e das atividades realizadas por terceiros é o fornecimento de feedback em relação às recomendações, orientações e outros conselhos que possam ser relevantes. Tanto a viabilidade do fornecimento de feedback quanto o seu sucesso podem contribuir para melhorar os materiais de orientação inicial para o projeto, fabricação, serviços, ou, no caso de realmente haver qualquer problema com o "know-how" da indústria relacionada, por exemplo, com algumas partes das normas de segurança.

A Figura 2 fornece uma indicação de quais partes deste manual são aplicáveis aos diferentes temas que tratam da segurança dos equipamentos RAC. Entretanto, deve-se observar que existem cruzamentos entre a maioria dos tópicos cobertos, de modo que a indicação na Figura 2 é apenas aproximada. (Observe que a Parte 7 não está incluída, pois ela não fornece orientação direta.)

Figura 2: Indicação da relevância de cada parte do manual




No geral, as diferentes partes do manual são amplamente organizadas, nas quais os aspectos mais gerais são tratados nas primeiras partes (1, 2 e 3) e, depois, os aspectos mais específicos, relacionados a cada estágio do tempo de vida do equipamento, são tratados nas partes finais (4, 5 e 6).

Como observação final, é preciso notar que cada situação deverá ser considerada com discernimento e prudência, especialmente em relação as regulamentações de cada país. Em muitos casos, as práticas podem ser adequadas ou apropriadas em um país, porém não em outro. Principalmente nos casos em que os sistemas legais e as infraestruturas de segurança existentes variam entre países e, muitas vezes, entre regiões. Portanto, as orientações nesse manual podem ter que ser convertidas para se adequarem às diferentes regiões geográficas e suas políticas, bem como a determinadas empresas e produtos.

### 1.1.4 Considerações para os formuladores de políticas

Existem algumas questões importantes que deverão ser consideradas pelos formuladores de políticas. De acordo com as tendências atuais, é amplamente aceito o fato de que os fluidos frigoríficos HCs ocuparão uma parte considerável da utilização de fluidos frigoríficos em um futuro próximo a médio prazo. Obviamente, essa utilização proporcionará significativa eficiência energética e ambiental e, em muitos casos, serão mais baratas, além de evitar ou até mesmo substituir a dependência de fluidos frigoríficos sintéticos alternativos de alto custo. Entretanto, é essencial que as autoridades tratem a situação de modo estratégico, não somente com planejamento de futuras eventualidades, mas também explorando a situação, por exemplo, na condução de treinamento necessário, incentivos adicionais deverão ser introduzidos para ajudar a elevar os padrões das qualificações técnicas – incluindo um entendimento mais profundo da eficiência energética, aspectos ambientais e confiabilidade – de modo a preparar todo o setor para uma nova tecnologia que seja sustentável no longo prazo.

Em termos de considerações gerais para a introdução de fluidos frigoríficos HCs, os itens a seguir são pertinentes:

- **Conscientização** – É importante que não somente os técnicos de RAC estejam cientes das questões relativas ao fluido frigorífico (em termos de eficiência e meio ambiente), mas também as outras partes envolvidas que estejam nas áreas periféricas do setor. Também é importante que sejam desenvolvidas campanhas de conscientização para o setor de RAC e outros setores mais amplos relacionados, como os arquitetos, a construção civil, aos operadores de sistemas de edifícios, aos gerentes das instalações, aos usuários finais, entre outros;
- **Foco no treinamento** – A garantia de um alto nível de segurança é essencial e um dos principais meios de alcançá-la é com o treinamento dos técnicos e dos engenheiros do setor. Isso não somente visa a questão de segurança, mas também ajuda a desenvolver o setor de serviços em termos de melhoria dos conhecimentos (know-how), da qualidade de trabalho, da conscientização, entre outros. O suporte a essa atividade deverá ter foco nos programas de registro e licenciamento de técnicos e engenheiros. Portanto, pode ser apropriado definir níveis de qualificações e a atribuições dos níveis correspondentes com permissões para trabalhar em determinados tipos de sistemas;
- **Mudança da cultura** – Em muitos locais, a importância de uma "cultura de segurança" não está incorporada na indústria como em outros países. Logo, medidas deverão ser introduzidas para ajudar a mudar a cultura do setor de modo a levar a segurança (bem como os tópicos relacionados, como prevenção de vazamentos, eficiência, entre outros) muito mais a sério. Mais uma vez, isso pode ser alcançado por meio de legislação, conscientização e incentivos;
- **Treinamento progressivo** – Deve-se lidar com a instrução sobre HCs de modo controlado e constante, e de forma que as práticas de trabalho e o comportamento possam ser mudados de maneira mensurada e controlada. Um conceito seria considerar uma introdução passo a passo do HC dependendo dos setores. Por exemplo, começando com sistemas simples/fáceis e avançando, com o passar do tempo, para as instalações mais complexas. Outra opção é integrar com os sistemas de registro técnico, novos ou existentes, onde somente os técnicos mais bem treinados e mais qualificados tenham permissão de utilizar os HCs, e além disso é importante a utilização de sistemas de acreditação. Ou uma combinação de ambos;
- **"Especialistas nacionais"** – Possivelmente estabelecer um ponto central no país ou região onde a segurança ou outras questões técnicas possam ser resolvidas. Para isso, as autoridades poderão incentivar determinadas pessoas do mercado a se tornarem "especialistas nacionais", que poderão se dedicar à coleta de informações e que possam trabalhar com empresas e orientá-las na introdução dos HCs de forma apropriada e segura, minimizando os problemas. Além disso, uma outra opção pode ser a concessão de autoridade a organizações ou a especialistas na condução de verificações e inspeções para garantir o cumprimento das regras relevantes e a obtenção do nível necessário de segurança;
- **Criação de incentivos** – Apesar do amplo conhecimento dos benefícios ambientais, incentivos podem ser fornecidos para estimular o setor a superar as implicações inerentes a utilização de HCs. Os exemplos incluem: deduções de impostos ou outros benefícios financeiros que favoreçam a utilização de fluidos

frigoríficos com baixo GWP, consideração dos encargos de importação ou, de forma inversa, outros meios para desestimular a utilização de alternativas com alto GWP. Em qualquer caso, essas ações deverão estar vinculadas à garantia da utilização de HCs de forma segura e responsável;

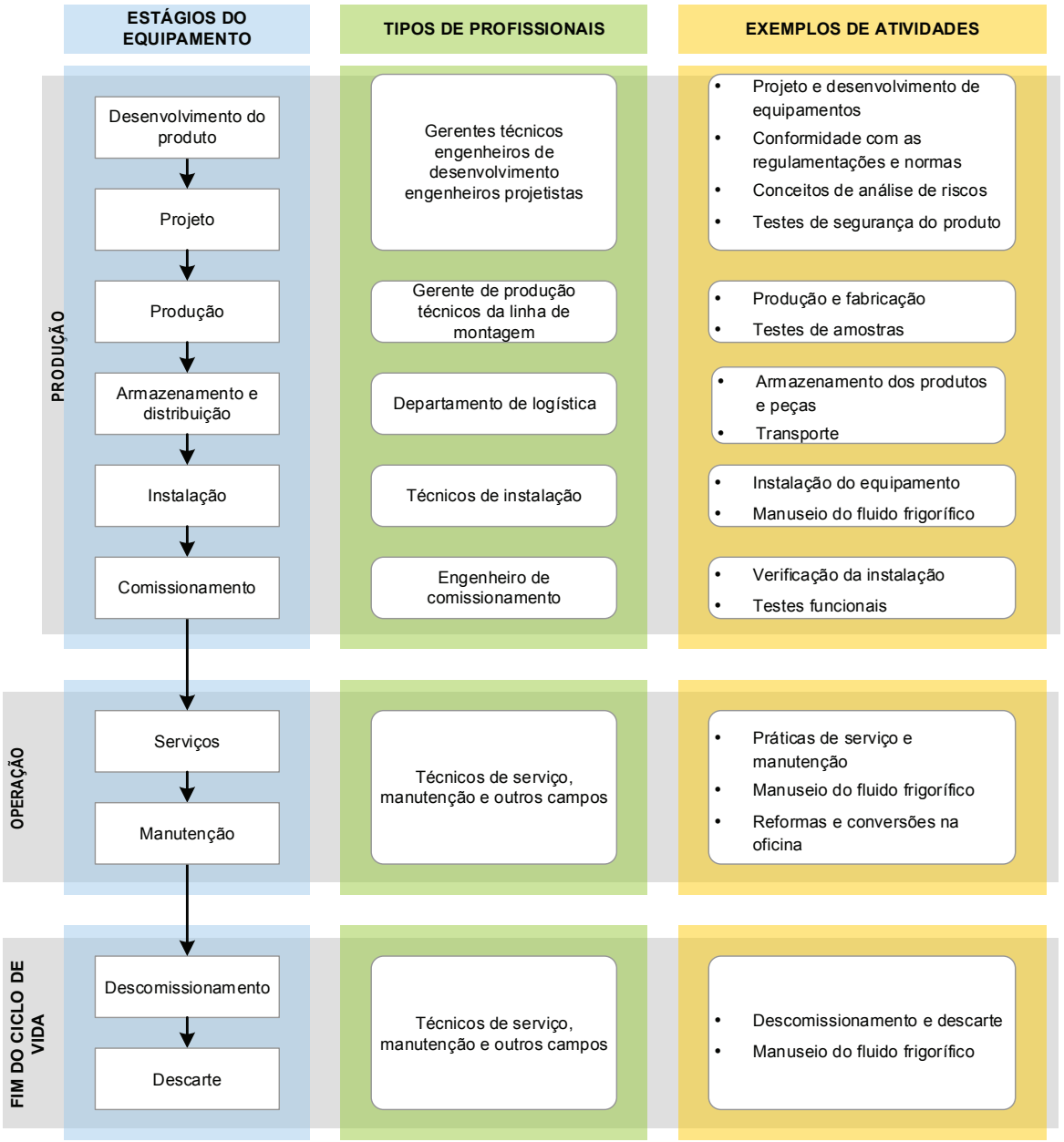
- **Regulamentações e normas** – As autoridades podem considerar a introdução de medidas legais e outros instrumentos, como normas de segurança para ajudar a direcionar a utilização e aplicação de fluidos frigoríficos HCs – ou até mesmo todos os fluidos frigoríficos. Como alternativa, se essas regras já existem, as autoridades podem identificar meios de modificar as regulamentações e normas existentes no sentido de permitir a utilização mais ampla e segura de HCs. Entretanto, ao fazer isso, é importante averiguar que as regulamentações e normas não sejam apenas prescritivas, mas empreguem um modelo que permita o uso seguro e inovador dos HCs, sem proibir seu uso desnecessariamente. Desse modo, é pertinente a utilização de especialistas nacionais e internacionais para analisar e orientar regulamentações e normas novas ou modificadas. Para muitas das considerações expostas acima, é importante envolver o setor de RAC. Ao fazer isso, é aconselhável fortalecer as entidades setoriais que abrange todas as partes interessadas no setor, incluindo aquelas que estão nas áreas periféricas, como agências de desenvolvimento e ONGs ambientais. Ao mesmo tempo, também pode ser prudente evitar o fortalecimento excessivo de qualquer organismo ou grupo de interesse, pois – como já visto muitas vezes no passado – um forte viés poderá emergir e, portanto, comprometer o desenvolvimento de novas tecnologias. O envolvimento de todo o setor pode ser a forma de estabelecer fóruns regulares para: intercâmbio técnico, compartilhamento de experiências, informação sobre os últimos desenvolvimentos e comparação dessas informações técnicas para ampla disseminação. Isso também pode incluir desenvolvimento e estabelecimento de padrões mínimos para organizações de treinamentos e a criação de orientações técnicas sobre boas práticas de trabalho por meio de estratégias e políticas.

### 1.1.5 Principais estágios durante o tempo de vida dos equipamentos

Para garantir que os produtos e as instalações que utilizam fluidos frigoríficos HCs permaneçam seguros durante todo o seu tempo de vida – tanto para a população em geral como para as pessoas que trabalham diretamente com esses produtos e instalações – é essencial abordar todos os estágios do tempo de vida de cada equipamento. Nesta seção, os estágios do tempo de vida dos equipamentos ilustrados na Figura 1 são detalhados, conforme mostrado na Figura 3.

Os principais estágios do tempo de vida dos equipamentos são mostrados à esquerda da Figura 3, da concepção do produto ao descarte do equipamento. A coluna central mostra exemplos de profissionais envolvidos principalmente no trabalho relacionado a esses estágios. À direita, temos exemplos dos tipos de atividades nos quais os profissionais deverão ser competentes de modo a manter um alto nível de segurança. Todos os profissionais envolvidos precisam estar cientes de suas responsabilidades e os encarregados deverão se certificar de que esses profissionais estão informados e cientes de suas obrigações. Além disso, é evidente que as ações tomadas pelos profissionais em qualquer estágio do tempo vida dos equipamentos normalmente terão consequências nos estágios posteriores a esse período.

Figura 3: Visão geral dos estágios do tempo de vida dos equipamentos, pessoas-chave e grupos de tópicos que podem ser necessários para execução do trabalho




Existem atividades comuns em muitos dos estágios, significando que muitas das pessoas envolvidas nesses estágios precisam estar familiarizadas com os detalhes técnicos das várias seções. Por exemplo, todas as pessoas que trabalham nas atividades de produção, instalação, serviço, manutenção e descomissionamento precisam conhecer as boas práticas de manuseio de fluidos frigoríficos. Além disso, todas as pessoas envolvidas no projeto, comissionamento, serviço e manutenção precisam estar familiarizadas com as normas de segurança. Por isso, muitas das questões estão interligadas em todos os estágios do tempo de vida do equipamento.

Em geral, enquanto uma organização estiver preparando materiais e trabalhando em cada um dos estágios do tempo de vida do equipamento, as seguintes questões deverão ser consideradas:

- Auxiliar as pessoas que trabalham nos vários estágios, disponibilizando manuais concisos e de fácil utilização, notas de orientação, entre outros, focando cada parte ou atividade-chave que elas

precisam executar. Além disso, deve-se garantir que os manuais estejam compreensíveis e revisados por especialistas;

- Fornecer treinamento, teórico e prático, apropriado e completo aos envolvidos;
- Verificar outras literaturas, manuais, guias, orientações gerais (destinadas ao setor industrial), documentação de fabricantes, informações dos fornecedores dos fluidos frigoríficos, entre outros. E também verificar as regulamentações e normas de segurança originais para garantir que as informações estão sendo usadas corretamente;
- Desenvolver um sistema para obtenção de feedback dos outros estágios e elaborar um esquema para compartilhamento das informações. Utilizar o feedback, por exemplo, dos dados de campo, dos técnicos, entre outros, sobre aspectos como vazamentos, falhas de equipamentos e componentes, problemas com reparos, acidentes leves ou graves, etc. A utilização dessas informações irá melhorar bastante o nível de segurança no futuro.

Por último, a publicação de orientações não poderá nunca prever todas as situações que podem ser encontradas ou todas as peculiaridades dos diferentes tipos de equipamentos. Portanto, é importante que as pessoas entendam a lógica por trás das regras que estão relacionadas a essas exigências e, desse modo, possam se adaptar a equipamentos e situações novas ou imprevisíveis.

## 1.2 SEGURANÇA BÁSICA PARA O USO DE FLUIDOS FRIGORÍFICOS INFLAMÁVEIS

### 1.2.1 Introdução

A segurança é um ponto de preocupação na aplicação de qualquer fluido frigorífico em relação aos riscos decorrentes da toxicidade, asfixia, explosões sob pressão, danos mecânicos, entre outros. A utilização de fluidos frigoríficos HCs impõe um risco adicional que é a inflamabilidade. Quantidades de líquidos ou gases inflamáveis podem ser encontradas na maioria dos locais de trabalho, residências e outros ambientes. Os exemplos incluem gasolina, tintas, artigos de limpeza, combustíveis para aquecimento e álcool. Em todos os casos, essas substâncias deverão ser embaladas, manuseadas e utilizadas de forma apropriada. Caso contrário, elas representam um sério perigo. Portanto, alguns princípios de segurança são seguidos para garantir a manutenção de um alto nível de segurança. Na utilização segura de fluidos frigoríficos HCs, é essencial entender os riscos de inflamabilidade e os meios correspondentes para obtenção de um nível de segurança apropriado.

Existem três aspectos principais a serem considerados ao lidar com fluidos frigoríficos HCs:

- Garantir que o sistema esteja estanque a vazamentos e permaneça suficientemente resistente ao longo de seu tempo de vida;
- Garantir a segurança do equipamento que usa fluidos inflamáveis ou está em contato com atmosferas explosivas;
- Proteger os trabalhadores que possam entrar em contato com atmosferas explosivas no local de trabalho.

A responsabilidade pela estanqueidade a vazamentos e a segurança geral dos equipamentos normalmente recai sobre o seu fabricante/produtor e/ou instalador. Os equipamentos devem ser projetados e construídos de modo a eliminar, da forma mais prática possível, a criação de atmosfera explosiva. Isso pode ser alcançado por meio de projeto que considere a estanqueidade do sistema, ventilação e alguns sistemas de proteção.

Onde existe a possibilidade de criação de uma atmosfera explosiva, os responsáveis pelo posicionamento ou instalação dos equipamentos deverão ter certeza que não seja possível uma ignição nessa atmosfera, por

exemplo, por meio da eliminação das fontes potenciais de ignição. Essas questões são abordadas principalmente nas Partes 4 e 5 deste manual.

A responsabilidade pela proteção dos trabalhadores normalmente recai nos empregadores e proprietários ou operadores de instalações onde podem ocorrer atmosferas explosivas. Portanto, é importante que essas pessoas estejam cientes da presença de substâncias inflamáveis, implantem medidas de controle dos riscos e reduzam a ocorrência de quaisquer incidentes por meio de planejamento e procedimentos. Isso também inclui a garantia de que os funcionários e outros trabalhadores sejam informados adequadamente e treinados no controle ou tratamento apropriado dos riscos, além de identificar e classificar as áreas no local de trabalho onde podem ocorrer atmosferas explosivas e evitar fontes potenciais de ignição nessas áreas. Essas questões são abordadas principalmente nas Partes 3 e 6 deste manual.

### 1.2.2 Classificação do grupo de segurança dos fluidos frigoríficos HCs

A classificação de substâncias mais usada é a das Nações Unidas (UN), as quais são denominadas mercadorias perigosas e recebem uma classificação de acordo com seus riscos principais. Todos os HCs normalmente utilizados como fluidos frigoríficos, são classificados como Classe UN: 2, gases, Divisão 2.1, gás inflamável. Entretanto, no setor RAC, um esquema de classificação diferente é aplicado. A maioria dos fluidos frigoríficos recebe uma classificação de segurança em função de sua toxicidade e inflamabilidade. O esquema de classificação é adotado por normas como ISO 817 e EN 378. Uma visão geral desse esquema é mostrada na Tabela 2.

A classificação de toxicidade se baseia no fato de a toxicidade ter sido ou não identificada em concentrações abaixo de 400 ppm por volume, com base nos dados utilizados para determinar o TLV-TWA (threshold limit value – time weighted average) ou índices consistentes. Existem duas classes de toxicidade:

- Os fluidos frigoríficos da Classe A são aqueles nos quais nenhuma toxicidade foi observada abaixo de 400 ppm;
- Os fluidos frigoríficos da Classe B são aqueles nos quais se observou toxicidade abaixo de 400 ppm.

A classificação de inflamabilidade depende da possibilidade ou não das substâncias sofrerem ignição nos testes padronizados e, em caso positivo, quais seriam o limite inferior de inflamabilidade (LII) e o calor de combustão. As classes de inflamabilidade são:[1]

- Os fluidos frigoríficos da Classe 1 são aqueles que não propagam chamas quando testados no ar a 60 ºC e à pressão atmosférica normal;
- Os fluidos frigoríficos da Classe 2 são aqueles que propagam chamas quando testados no ar a 60 ºC e à pressão atmosférica normal, mas têm um LII maior que 3,5% por volume e calor de combustão menor que 19.000 kJ/kg;
- Os fluidos frigoríficos da Classe 3 são aqueles que propagam chamas quando testados no ar a 60 ºC e à pressão atmosférica normal, mas têm um LII igual ou menor que 3,5% por volume e calor de combustão igual ou maior que 19.000 kJ/kg.

Como os fluidos frigoríficos HCs mais comuns (R290, R600a, R1270) têm um TLV-TWA de 1.000 ppm ou mais (dependendo da fonte de informação), eles recebem uma classificação de toxicidade Classe A. Entretanto, esses fluidos frigoríficos exibem propagação de chamas sob condições atmosféricas normal e seu LII é normalmente em torno de 2%, com o calor de combustão em torno de 50.000 kJ/kg. Desse modo, a

1 Atualmente existem tentativas de introduzir uma nova classe de inflamabilidade "mais baixa" ("Classe 2L") em algumas normas de segurança, que se destina a dar vantagens a alguns fluidos frigoríficos à base de HFC. Entretanto, essa classificação proposta não afeta a utilização dos fluidos frigoríficos HCs.

classificação de inflamabilidade é Classe 3. No geral, essas características colocam essas substâncias na classificação de segurança A3, de acordo com as normas pertinentes.

Tabela 2: Esquema de classificação de segurança dos fluidos frigoríficos

| Classificação | | | Toxicidade | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Classe A | Classe B |
| | | | menor toxicidade crônica | maior toxicidade crônica |
| Inflamabilidade | Classe 1 | sem propagação de chamas | A1 | B1 |
| | Classe 2 | menor inflamabilidade | A2 | B2 |
| | Classe 3 | maior inflamabilidade | A3 | B3 |

Por comparação, os fluidos frigoríficos à base de CFC, HCFC e HFC mais comuns, inclusive o R744 (dióxido de carbono), têm uma classificação A1, apesar de alguns HFCs apresentarem classificação A2. Alguns poucos HCFCs e HFCs têm uma classificação B1, enquanto que o R717 (amônia) é classificado como B2. Não existe nenhum fluido frigorífico B3 (apesar de essa classificação ser possível com algumas misturas).

Normalmente, uma classificação "mais alta" – isto é, toxicidade Classe B em vez de Classe A, e inflamabilidade Classe 3, em vez de Classe 1, significa que o sistema de refrigeração apresenta requisitos de projeto mais onerosos para enfrentar esse risco mais alto devido ao fluido frigorífico. A orientação incluída nas Partes 5 e 6 deste manual abordam essas questões.

Além disso, existe outra medida para a aplicação de fluidos frigoríficos, denominada limite prático (LP). Ela representa o nível máximo de concentração de um fluido em um espaço ocupado, que não resultará em nenhum efeito nocivo (isto é, agudo) no caso de vazamento. Desse modo, essa medida representa, principalmente, o "perigo" da concentração mínima de um fluido frigorífico através do uso de um fator de segurança. A estimativa do LP se baseia no menor valor entre os seguintes limites:

- Limite de exposição de intoxicação aguda (ATEL - Acute toxicity exposure limit), com base na mortalidade (em termos de LC50) e/ou sensibilização cardíaca e/ou efeitos anestésicos ou no sistema nervoso central (SNC);
- Limite mínimo da concentração de oxigênio para evitar risco de asfixia (ODL – "Oxygen Deprivation Limit");
- 20% do limite inferior de inflamabilidade (LII).

No caso dos fluidos frigoríficos HCs, 20% do LII representa a concentração mínima entre as listadas acima, portanto, o valor é utilizado para determinar o LP. O LP é normalmente expresso em termos de massa por volume unitário e, para os fluidos frigoríficos HCs mais comuns, ele é aproximadamente 0,008 kg/$m^3$, ou 8 g/$m^3$. Para outros fluidos frigoríficos, como a maioria dos CFCs, HCFCs e HFCs, o LP se baseia nos valores de ATEL e ODL e, portanto, tende a ser mais alto do que para os HCs. Consequentemente, a quantidade de fluido frigorífico HCs permitida tende a ser muito menor que a maioria dos CFCs, HCFCs e HFCs. (Entretanto, os princípios gerais se aplicam aqui a todos os fluidos frigoríficos inflamáveis, independentemente de serem HCs ou não.)

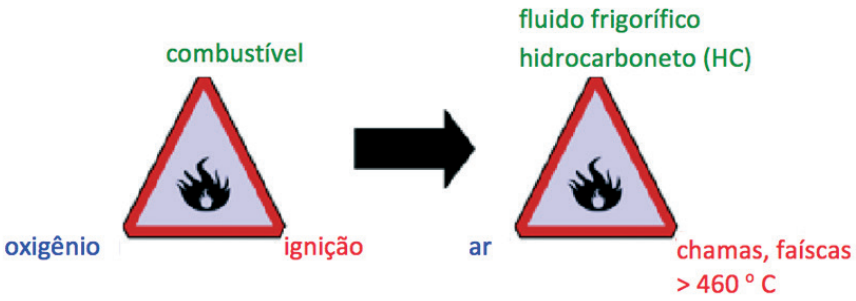
## 1.2.3 Considerações básicas para trabalhar com fluidos frigoríficos inflamáveis

Todas as pessoas envolvidas na utilização de substâncias inflamáveis deverão ter em mente o seguinte:

- Estar cientes sobre a utilização de uma substância inflamável e quais são as suas características;
- Conhecer as práticas de manuseio e armazenamento seguros das substâncias inflamáveis;
- Introduzir procedimentos e aplicar projetos de prevenção de acidentes resultantes das substâncias inflamáveis;
- Procurar informações mais detalhadas, quando necessário.

É essencial entender o conceito básico de inflamabilidade. Três ingredientes são necessários para iniciar um incêndio: um combustível na concentração certa, uma quantidade de oxigênio, normalmente no ar, e uma fonte de ignição. A forma mais comum de ilustrar essa combinação é por meio do triângulo de fogo, na Figura 4. Se esses componentes são controlados, por exemplo, pela eliminação de um deles, mas preferivelmente de dois deles, o incêndio pode ser evitado. Para isso, três orientações gerais deverão ser seguidas: confinamento da substância, prevenção de fontes de ignição (SOI – Source of Ignition) e uso de ventilação.

Figura 4: Triângulo de fogo




### Confinamento

As substâncias inflamáveis deverão ser mantidas em um "recipiente" projetado e construído adequadamente, seja ele um cilindro ou um sistema de refrigeração. Em caso de vazamento da substância, é preciso evitar que ela se espalhe para outras áreas.

### Fontes de ignição

Certificar-se de que todas as fontes de ignição, óbvias ou não, tenham sido removidas do equipamento e da área de manuseio. As fontes de ignição podem variar bastante e podem incluir faíscas produzidas pelos equipamentos elétricos ou ferramentas de soldagem e corte, superfícies quentes, chamas abertas de equipamentos de aquecimento, materiais na fumaça, etc.

### Ventilação

Uma vazão de ar adequada deverá existir em locais onde substâncias inflamáveis são armazenadas e utilizadas. Uma boa ventilação implica na rápida dispersão de qualquer gás emitido de um vazamento ou liberação de fluido.

Além disso, também é importante considerar a gravidade das consequências da ignição da substância inflamável. Em alguns casos, o resultado da ignição poderá ser leve, como uma chama momentânea. Outras situações podem resultar em uma explosão grave. Desse modo, a quantidade de substância inflamável e o ambiente no qual ela está sendo mantida deverão ser observados para compreender a gravidade de um acidente.

No caso da utilização dos fluidos frigoríficos, deve-se considerar toda a orientação desse manual relacionada ao tempo de vida do equipamento, tanto o modo como os técnicos manuseiam os equipamentos quanto o modo como os equipamentos se comportam em condições normais de operação. Essas considerações são necessárias desde a concepção do equipamento até a fase de projeto e instalação, pois as características de projeto podem afetar o nível de segurança em um estágio posterior. Neste ponto, os dois grupos de pessoas em risco deverão ser considerados: tanto os técnicos como a população em geral.

Para abordar essas questões do modo mais abrangente possível, as seguintes dimensões deverão ser estudadas e entendidas pelas pessoas envolvidas na aplicação de fluidos frigoríficos inflamáveis:

- Características inflamáveis dos fluidos frigoríficos HCs para avaliar os principais fatores que constituem para uma mistura inflamável;
- Conceitos de análise de riscos e conhecimento dos riscos associados a vazamentos do fluido frigorífico, dispersão do gás, fontes e consequências da ignição;
- Requisitos gerais das regulamentações, normas de segurança e outras orientações gerais (destinadas ao setor industrial).

O conhecimento obtido nesses assuntos poderá então ser aplicado pelas partes envolvidas nos estágios do tempo de vida do equipamento. Devendo ser considerado nas fases de projeto, testes, produção, distribuição, instalação e também nas atividades de reparo (feitas dentro da oficina) e serviço, entre outros. Essa experiência também é útil na análise e interpretação dos resultados do controle de qualidade do equipamento, testes de segurança, nas inspeções realizadas por empresas terceirizadas, e na etiquetagem, entre outros.

## 1.3 DESENVOLVIMENTO DOS SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE SEGURANÇA

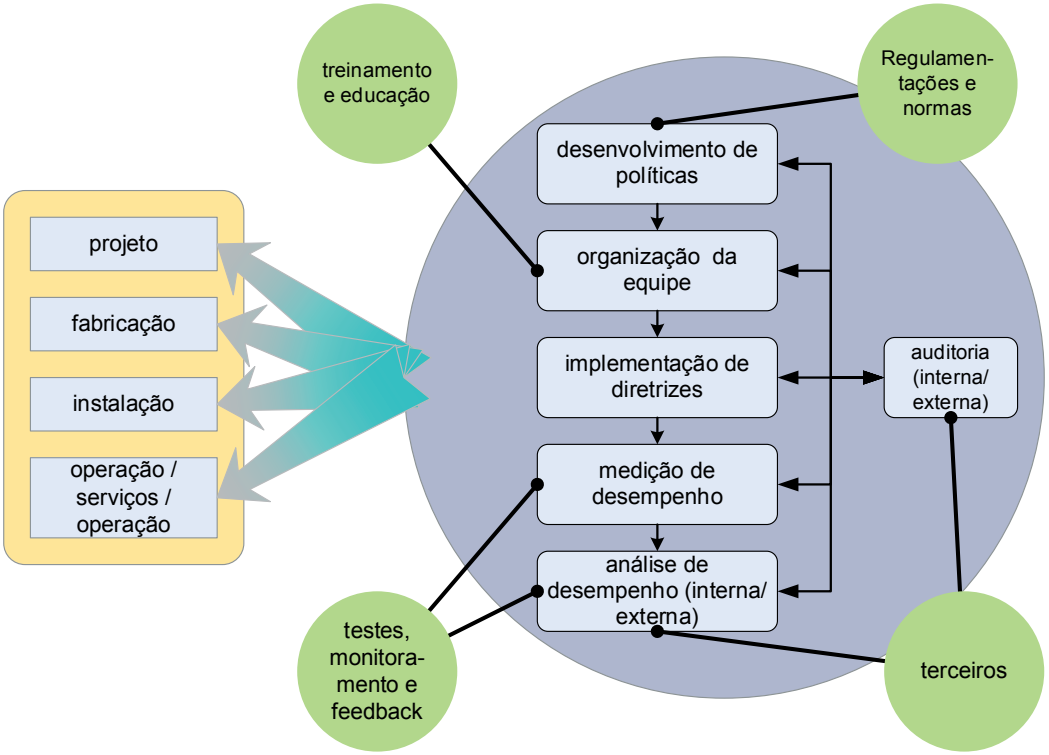
### 1.3.1 Introdução

É essencial utilizar todas as ferramentas disponíveis para garantir o mais alto nível de segurança possível, estendendo-se da concepção do produto ou equipamento até o descarte no final do tempo de vida do equipamento. Essas ferramentas poderão ser percebidas como diferentes níveis de proteção, e aplicadas para minimizar o risco apresentado pelo fluido frigorífico inflamável. Elas se destinam principalmente ao planejamento da segurança, investigação dos elementos em vários estágios e auditoria e avaliação das conclusões. Esses conceitos são direcionados basicamente a diretores e gerentes, mas também a supervisores e engenheiros, pois normalmente os funcionários em posições mais altas normalmente tem a responsabilidade de implementar esses sistemas.

Os componentes de um sistema confiável e eficaz de gerenciamento de segurança estão ilustrados na Figura 5. Existem cinco estágios cruciais em um sistema de gerenciamento de segurança, começando com o desenvolvimento da política de segurança dentro da organização, gestão e preparação dos funcionários, o desenvolvimento e implementação de orientações, a introdução de meios de coleta de dados e a medição de desempenho e, a seguir, a análise desse desempenho. Conectado a todos esses estágios, temos um processo de auditoria para verificar se todos eles estão operando conforme o planejado.

Todo esse sistema deverá ser aplicado ao produto ou equipamento em um ou mais de seus estágios, dependendo do nível de envolvimento ou responsabilidade que a organização tem sobre esse produto ou equipamento. Existem também elementos externos que alimentam o sistema de segurança. Por exemplo, o uso de regulamentações e normas de segurança utilizadas no desenvolvimento de políticas e orientações internas, treinamento e outros programas educacionais para instrução dos profissionais, procedimentos teste, monitoramento e feedback para medição e análise de desempenho, os quais podem incluir a participação de terceiros.

Figura 5: Visão geral dos principais elementos do sistema de gerenciamento de segurança




## 1.3.2 Desenvolvimento de políticas

Em princípio, a intenção de evitar problemas relativos à segurança em qualquer estágio do tempo de vida do equipamento deverá ser considerada. Esses problemas podem ser: interrupção do processo de produção, falhas endêmicas em um projeto específico, ferimentos nos funcionários e nas pessoas em geral, e danos ao próprio patrimônio ou de terceiros. Desse modo, é importante conceber controles para evitar essas formas de prejuízos decorrentes de acidentes.

A forma geral de implementar esse processo deve seguir o seguinte critério: identificação dos perigos → avaliação de riscos → decisão em relação às precauções necessárias → implementação de padrões/orientações → verificação de sua utilização. Esse raciocínio define a base de uma política de segurança e essas políticas deverão abordar todas as atividades nas quais a organização está envolvida. Essa política pode incluir: a seleção de pessoas para esses trabalhos específicos, a seleção de equipamentos e materiais, o projeto dos equipamentos e produtos, a forma de condução do trabalho, o modo que os serviços são prestados, entre outros.

Uma declaração por escrito da política e organização, e arranjos para implementação e monitoramento demonstrarão à equipe e a todas as outras pessoas quais perigos foram identificados e quais riscos foram avaliados, eliminados ou controlados. Desse modo, em todos os estágios do tempo de vida dos equipamentos, deverá existir uma política de segurança claramente documentada.

Os principais elementos de uma política devem garantir que:

- As lições sejam aprendidas com os erros e sucessos;
- Auditorias de segurança sejam conduzidas;
- Ações sejam tomadas e documentadas de acordo com as conclusões das auditorias;
- As auditorias envolvam os funcionários em todos os níveis, inclusive empreiteiras externas;
- Revisões da política e das orientações de segurança sejam conduzidas com frequência.

### 1.3.3 Gestão e preparação dos funcionários

Para tornar a política de segurança eficaz, é essencial preparar toda a equipe envolvida com os sistemas de segurança e, além disso, eles deverão estar comprometidos. Também é de vital importância certificar que essas pessoas possuam as competências necessárias. Portanto, são necessários processos de recrutamento, treinamento e assessoria, ou seja, mais especificamente esses itens estão relacionados às seguintes atividades:

- Avaliar as habilidades necessárias para a condução segura de todas as tarefas, seja tanto em nível gerencial quanto prático;
- Fornecer os recursos necessários para garantir instrução e treinamento adequados a todos os funcionários;
- Garantir que as pessoas que executam trabalhos considerados perigosos recebam o treinamento necessário, tenham a experiência e outras qualidades para a condução desses trabalhos com segurança;
- Providenciar acesso ao suporte e a uma boa assessoria, como treinamentos, atualizações técnicas, entre outros;
- Conduzir reestruturações ou reorganizações para garantir a competência daqueles que detêm responsabilidades críticas à segurança.

Para garantir o comprometimento dos funcionários com a política, deve-se formular um sistema de controle eficaz, por exemplo, alocando responsabilidades, garantindo compromisso, instrução e supervisão. Além disso:

- Demonstrando comprometimento e fornecendo orientações claras e garantindo que todas as pessoas estão cientes da importância das questões de segurança;
- Identificando as pessoas responsáveis por atividades específicas, especialmente quando houver necessidade de especialização específica, por exemplo, condução de avaliações de riscos, manuseio de fluidos frigoríficos, projeto de sistemas, entre outros;
- Certificando-se que gerentes, supervisores, engenheiros e técnicos compreendam suas responsabilidades e tenham tempo e recursos nessários para realizá-las;
- Certificando-se que todos compreendam o que devem fazer e como assumirão suas responsabilidades.

Como o sistema de segurança depende normalmente da coordenação de várias partes, deverá haver uma cooperação genuína entre pessoas e grupos. Ela pode ser alcançada por meio de:

- Estabelecimento de comitês de segurança dedicados e consulta a todas as pessoas que possam estar envolvidas;
- Envolvimento dos funcionários em todos os níveis (do técnico ao gerente técnico) no planejamento e na revisão das atividades relacionadas à segurança, na redação de procedimentos e na identificação e solução de problemas;
- Coordenação e cooperação com os funcionários de outras organizações que trabalham no mesmo projeto ou em questões similares.

Todas as políticas e ações subsequentes deverão ser bem comunicadas, verbalmente ou por escrito, e sempre disseminadas apropriadamente. Essas informações deverão incluir informações sobre perigos, riscos e medidas preventivas para os funcionários internos e terceiros que trabalham externamente nas dependências ou nos equipamentos. Fóruns deverão também ser estabelecidos para discutir assuntos de segurança regularmente. Em geral, é importante garantir que:

- Responsabilidades sobre questões específicas de segurança sejam atribuídas às pessoas adequadas;
- As pessoas tenham clareza sobre o que devem fazer e suas responsabilidades;

- Todos os funcionários que estejam envolvidos com processos relevantes sejam consultados apropriadamente;
- Os funcionários tenham informações suficientes sobre questões e riscos relacionados à segurança;
- Todas as pessoas tenham os níveis mínimos de especialização e recebam treinamento apropriado;
- Em caso de necessidade, a consulta de um especialista externo é recomendada.

Especificamente no caso de sistemas de refrigeração, é essencial que todos os profissionais que lidam com esses sistemas – desde sua concepção até seu descarte – sejam competentes na condução de atividades especiais ou normais. Desse modo, o desenvolvimento de sistemas de refrigeração seguros requer a educação em vários campos do conhecimento, principalmente na segurança da pressão relacionada ao sistema de fluido frigorífico, na sua estanqueidade, na segurança elétrica dos equipamentos e na prevenção de atmosferas explosivas. Além disso, na maioria dos sistemas de refrigeração, existem vasos de pressão e tubulações pressurizadas. Portanto, existe a necessidade de que o profissional seja competente nesses diferentes campos.

A educação continuada ao longo do tempo também é necessária. Para isso, existe uma variedade de cursos direcionados a técnicos, engenheiros e eletricistas, abordando os aspectos práticos da operação de sistemas de refrigeração, serviços e manutenção geral.

### 1.3.4 Planejamento e definição das orientações

O planejamento envolve a definição de objetivos, identificação dos perigos, avaliação dos riscos, implementação de critérios de desempenho e desenvolvimento de uma cultura positiva. Ações práticas que necessitam ser consideradas incluem:

- Identificar perigos e avaliar riscos, e decidir como eles poderão ser eliminados ou controlados;
- Atender a legislação de segurança aplicável à organização como um todo e principalmente ao processo ou equipamento específico;
- Desenvolver e entrar em acordo em relação às metas das pessoas relevantes para o processo;
- Criar uma política sólida de aquisição e fornecimento de componentes ou serviços relacionados à segurança;
- Desenvolver tarefas, processos, equipamentos, produtos e serviços e sistemas de trabalho com segurança;
- Estabelecer procedimentos para lidar com perigos sérios e iminentes;
- Cooperar com outras organizações, subempreiteiras, entre outros;
- Definição de critérios de desempenho onde a eficácia das medidas de segurança possa ser verificada.

As orientações devem descrever o que as pessoas precisam fazer para atender à política de segurança e controle de riscos. Essas orientações devem identificar quem faz o que, quando e com qual resultado, e para validar esses itens, eles devem ser mensuráveis e factíveis. Por exemplo, afirmações como “a equipe deverá ser treinada” são difíceis de mensurar se não for especificado o que significa exatamente “ser treinada” e quem tem a responsabilidade de executar o trabalho.

**TRATAMENTO DE FALHAS "FAILING WELL"!**

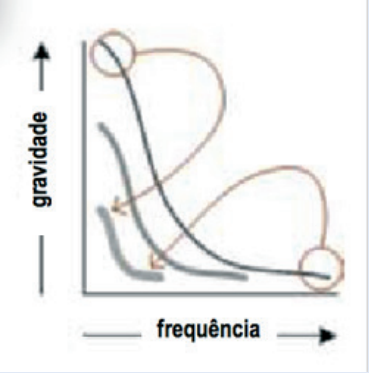
As empresas e outras organizações deverão ser incentivadas a desenvolverem uma cultura de tratamento de falhas "fail-well". Em qualquer área de negócio, falhas e erros deveriam ser analisados para obter uma melhoria, e o mesmo se aplica ao campo da segurança. Existe uma ampla constatação de que a maioria das organizações bem-sucedidas nos campos críticos relacionados à segurança adota esse tipo de cultura.

Com frequência, se um engenheiro, técnico, etc. comete um erro ou se um acidente de menor gravidade ocorre, ele guardará a ocorrência consigo e dificilmente reportará esse fato. Essa falha poderá ser considerada como vergonhosa e será mantida em segredo e "se nada der errado" será esquecida. Isso ocorre por causa do medo de se envolver em problemas, receber advertência, punição, além de ser ridicularizado por outras pessoas – que é uma mentalidade presente em muitas organizações.

Entretanto, essa cultura não é somente improdutiva, mas também destrutiva, para a pessoa, para seus colegas e para a organização como um todo. Como as melhorias são alcançadas por meio do aprendizado que é obtido através de falhas, tentativa e erro, análise de resultados indesejáveis, entre outros. A ocultação ou a ignorância de erros, problemas e acidentes inibirão o desenvolvimento positivo. Por esse motivo, é necessário efetuar mudanças organizacionais para criar uma cultura de tratamento de falhas "fail-well".

A gerência na organização deverá promover essa mudança de pensamento através da conscientização, do desenvolvimento de políticas e ensinando à equipe por meio de sua própria participação. A organização deverá aceitar internamente o fato de que erros são inevitáveis e não são objetivos ou eventos isolados, e remover qualquer estigma associado à admissão e ao relato dos erros e, além disso, recompensar as pessoas por sua honestidade e para destacar que seus erros e acidentes poderiam provocar, ou provocaram, acidentes. Os benefícios poderão ser demonstrados à equipe através da análise dos erros e acidentes reportados e do desenvolvimento das melhorias subsequentes nos procedimentos de trabalho, na operação do equipamento, entre outros.

Sistemas deverão ser implantados para processar o feedback – trabalhar com a pessoa para entender porque ela tomou a decisão que tomou, com base nas informações de que ela tinha. Analisar essas decisões com base no conhecimento que ela tinha naquele momento, e identificar a ocorrência de erros sistêmicos – ou superestimar as dificuldades, complexidades, habilidades, disponibilidade de equipamentos, entre outros. Toda a equipe deverá estar totalmente comprometida no desenvolvimento do processo e recompensada e reconhecida por sua contribuição na melhoria dos níveis de segurança. Talvez o benefício mais significativo da adoção desta cultura seja sua contribuição para a mitigação de acidentes catastróficos. Se eles forem erros menores ou do tipo "quase acidente", a possibilidade de um acidente mais grave aumenta. Portanto, se esses eventos menos graves forem evitados, a prevenção de acidentes graves será uma consequência.



Em geral, é importante garantir que:

- Um plano de segurança seja implantado;
- As questões de segurança sejam sempre consideradas perante qualquer produto, projeto ou atividade nova;
- Todos os perigos em relação aos funcionários, às pessoas em geral e ao patrimônio, sejam identificados e os riscos avaliados;
- Existam orientações abordando os aspectos relevantes, como comportamento dentro das instalações, operação da planta, controle de substâncias, procedimentos de operação, entre outros;
- Planos sejam implantados para lidar com perigo grave ou iminente, como liberações de gases, incêndios, desvios dos processos, entre outros.

### 1.3.5 Avaliação de desempenho

É essencial avaliar o desempenho dos aspectos relacionados a questões de segurança. Essa ação fornece uma indicação do nível de sucesso do procedimento adotado. O monitoramento proativo, antes de as coisas darem errado, envolve a inspeção e verificação regulares para certificar que as orientações de segurança estão sendo implementadas e os controles gerenciais estão funcionando. O monitoramento reativo, após as coisas darem errado, envolve a aprendizagem com os erros, independentemente de os erros resultarem em falhas de equipamento, incidentes, danos ao patrimônio, lesões ou um risco/acidente potencial.

Existem dois componentes importantes dos sistemas de monitoramento:

- Monitoramento ativo: antes de as coisas darem errado – este analisa se os objetivos estabelecidos nas orientações de segurança estão sendo atendidos e são eficazes;
- Monitoramento reativo: após as coisas darem errado – permite a aprendizagem com os erros e a subsequente otimização de procedimentos, orientações, entre outros, como resultado da investigação das falhas dos componentes, incidentes, danos e lesões.

As informações do monitoramento ativo e reativo deverão ser utilizadas para identificar situações que criam riscos, e tomar as devidas providências. É fundamental priorizar os maiores riscos, e observar atentamente os eventos graves e aqueles com potencial de gravidade. Isso requer um entendimento da causa imediata e causa raiz dos eventos. No caso do monitoramento reativo, investigue e registre o que ocorreu e descubra porquê. Reporte essas informações às pessoas com autoridade para tomar ações de reparação, que podem incluir a troca de fornecedores, melhoria dos métodos de teste ou até mesmo mudanças organizacionais e das políticas.

Em geral, é importante garantir que:

- A organização está atendendo aos objetivos e orientações dos aspectos relacionados à segurança;
- Os controles de riscos são suficientes;
- A organização está cumprindo a legislação de segurança que afeta processos, produtos, entre outros;
- As investigações detectam as causas raízes de um problema;
- As investigações não parem assim que a primeira pessoa que cometeu um erro seja descoberta;
- Existem registros precisos de todas as falhas, problemas, erros, entre outros, que possam levar a incidentes, lesões e perdas acidentais.

### 1.3.6 Auditoria e revisão

O monitoramento fornece as informações para permitir a condução de análises dos componentes, conjuntos e atividades, ajudando a identificar como melhorar as orientações sobre segurança e, consequentemente, o desempenho. As auditorias, conduzidas pelos funcionários internos à organização ou por terceiros fora da organização, complementam as atividades de monitoramento. A auditoria pode ser utilizada para verificar a adequação ou precisão do processo de monitoramento, efetuar testes em um ambiente diferente ou verificar se política, orientações sobre segurança, organização e mecanismos internos estão realmente alcançando os resultados desejados. Em resumo, ela ajuda a informar sobre a confiabilidade e eficácia dos sistemas de segurança.

É importante combinar os resultados de medição do desempenho com as informações das auditorias para ajudar a melhorar o método de implementação do gerenciamento da segurança. Isso é feito em conjunto com a análise da eficácia da política de segurança, prestando uma atenção especial aos seguintes pontos:

- Grau de conformidade com o desempenho e com as orientações de segurança, incluindo a legislação;
- Áreas nas quais as orientações de segurança são ausentes ou são inadequadas;
- Realização dos objetivos e critérios de desempenho;
- Dados de falhas e incidentes, incluindo análises das causas imediatas e causas raiz, tendências e características comuns.

Esses indicadores mostrarão onde as melhorias são necessárias.

## 1.4 IDENTIFICAÇÃO DOS PARCEIROS DE COOPERAÇÃO

### 1.4.1 Introdução

Quando uma empresa inicia a introdução de fluidos frigoríficos HCs em seus equipamentos, para fins de fabricação, instalação, serviço ou alguma outra atividade, e não conta com conhecimento ou experiência, ela deverá buscar suporte de parceiros e estabelecer cooperações. Algumas instituições ou organizações de refrigeração em todo o mundo, como associações, universidades, laboratórios, ministérios nacionais ou departamentos governamentais, oferecem suporte e consultoria às empresas sobre como lidar com sistemas de refrigeração.

Existem vários tipos de organizações que podem ser procuradas para fins de suporte:

- Associações da indústria;
- Institutos e associações técnicas;
- Agências de desenvolvimento e fundos internacionais;
- Autoridades nacionais;
- Organismos de padronização;
- Organismos de acreditação.

Deve-se observar que, em alguns casos, algumas organizações podem não demonstrar simpatia pela utilização de fluidos frigoríficos HCs ou alternativos. Portanto, é importante escolher os parceiros de cooperação de forma inteligente. Várias dessas organizações estão listadas no Anexo 3.

### 1.4.2 Associações da indústria

Existe uma grande variedade de associações da indústria. No setor de RAC, elas tendem a representar grupos de organizações comerciais, por exemplo, usuários finais de equipamentos de RAC, empreiteiras/instaladoras, fabricantes de componentes, fabricantes de eletrodomésticos, entre outros. Seu objetivo básico tende a ser o suporte aos interesses coletivos das empresas associadas. Suas atividades podem incluir a organização de eventos comerciais, troca de ideias ou experiências sobre informações de mercado, criação de orientações gerais (destinadas ao setor industrial) e defender as atividades dos associados no âmbito comercial, ambiental e político. A maioria das associações da indústria opera em um regime de sociedade, ao qual uma empresa pode se associar, pagando certa taxa que pode ser equivalente ao porte da empresa.

Obviamente é improvável que haja uma cooperação caso a grande maioria dos membros de uma associação da indústria não tenha nenhum interesse em relação ao uso da tecnologia de fluidos frigoríficos HCs ou, além disso, até promovam tecnologias concorrentes desses fluidos, mas por outro lado, também existem associações da indústria dedicadas aos fluidos frigoríficos HCs, fluidos frigoríficos naturais, ou às tecnologias relacionadas, e neste caso, benefícios poderão ser obtidos.

Os tipos de cooperação possíveis podem incluir:

- Fornecimento de informações técnicas;
- Desenvolvimento técnico e outros tipos de orientação;
- Identificação dos segmentos de mercado;
- Contatos com outros parceiros;
- Suporte legal ou relacionado às políticas do setor.

Normalmente, as informações sobre associações da indústria podem ser encontradas na internet, em jornais de negócios ou em feiras do setor.

### 1.4.3 Institutos e associações técnicas

O termo "institutos técnicos" aborda aqui uma gama de diferentes órgãos, apesar de particularmente estar se referindo a organizações não comerciais, cujo principal interesse é de natureza tecnológica ou científica. Os principais exemplos incluem universidades e escolas politécnicas (com departamentos envolvidos com RAC e assuntos relacionados), organizações de pesquisa públicas e privadas e sociedades dedicadas à disseminação de informações técnicas. Desse modo, os tipos de atividades nas quais essas organizações podem estar envolvidas poderão incluir: projetos de pesquisa pública e desenvolvimento, realização de pesquisas privadas, organização de conferências, desenvolvimento de literatura técnica, entre outros.

Algumas dessas organizações possuem um programa de financiamento que pode ser feito por uma ou mais empresas, ou seja, um grupo de empresas com interesses em comum, enquanto que outras podem somente executar trabalhos especificamente sob solicitação e provavelmente cobrados. Como os institutos técnicos são em sua maioria neutros em termos de tecnologia, e não tendem a apresentar um interesse comercial, eles podem ser muito úteis na obtenção de informações, independentes dessas questões. Além disso, a confiabilidade das informações técnicas pode ser de qualidade superior e maior profundidade quando comparada àquela de outras fontes.

Normalmente, os institutos técnicos podem ser úteis para:

- Avaliação de produtos;
- Realização de teste de operação ou funcionamento em condições críticas de forma independente;
- Desenvolvimento e avaliação de uma determinada tecnologia;
- Elaboração de orientação técnica específica;
- Resolução de problemas técnicos específicos.

Entretanto, ao pagar por uma assistência técnica, é importante certificar-se que a organização contratada tenha especialização no tema considerado, para assim garantir o retorno do dinheiro investido.

Normalmente, as informações sobre institutos técnicos podem ser encontradas na Internet ou verificando os relatórios técnicos das associações ou outras publicações técnicas.

### 1.4.4 Agências de desenvolvimento

As agências de desenvolvimento incluem órgãos da Organização das Nações Unidas (ONU), parceiros bilaterais e de fundos internacionais. No âmbito do Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio, as agências de desenvolvimento das Nações Unidas (e alguns parceiros bilaterais) operam como agências implementadoras e fornecem assistência aos países em desenvolvimento (países A5 do Protocolo de Montreal) para a eliminação de SDOs, como os fluidos frigoríficos fluorados, por exemplo os CFCs, HCFCs (e também possivelmente HFCs no futuro).

As agências fornecem aos países parceiros orientações sobre políticas e assistência na implementação de medidas de eliminação de SDOs, por exemplo, transferência de tecnologia e desenvolvimento de capacitação para introdução de tecnologias sustentável alternativas. Os países parceiros recebem ajuda financeira/técnica com o envio de propostas de projetos para o Comitê Executivo do Fundo Multilateral.[2] A aplicação dos recursos vai para os governos nacionais e seus respectivos responsáveis nacionais pela questão da camada de ozônio.

Além disso, outras fontes de recursos de parceiros bilaterais ou multilaterais podem estar disponíveis para a implementação de projetos de introdução de fluidos frigoríficos HCs como uma alternativa sustentável aos gases fluorados que agravam o efeito estufa. Um exemplo é a Iniciativa Internacional do Clima fundada pelo Governo Federal Alemão, através do Ministério do Meio Ambiente, Conservação da Natureza e Segurança Nuclear. A Iniciativa Internacional do Clima apoia projetos para proteção do clima nos países em desenvolvimento e recém industrializados e também nos países em transição na Europa Central e Oriental.[3]

### 1.4.5 Autoridades nacionais

As autoridades nacionais, tais como os Ministérios do Meio Ambiente, Ministério da Saúde, Ministério do Trabalho e outras instituições de saúde, ambientais e segurança, normalmente estão envolvidas na formulação de políticas públicas e normas relacionadas aos fluidos frigoríficos HCs. A legislação pode influenciar no local de trabalho e, desse modo, garantir a segurança das pessoas que trabalham com HCs. Ela também pode determinar controles regulamentares, já que eles são classificados com frequência como gás nocivo (por exemplo, em caso de transporte, entre outros) e detalhar medidas de precaução sobre como evitar a ignição. Algumas leis podem determinar a certificação do projeto, fabricação, fornecimento, operação e reparo de equipamentos sob pressão utilizados no local de trabalho.

A maior parte das autoridades nacionais gerencia informações e fontes de dados valiosas e pode fornecer orientação sobre a configuração apropriada da infraestrutura de segurança para aplicação dos HCs em diferentes especificações e condições. Por exemplo, consultas relacionadas à proteção apropriada contra incêndio nos edifícios podem ser endereçadas aos institutos/autoridades responsáveis pela segurança e proteção contra incêndio. Informações sobre princípios técnicos, como testes de segurança e verificações regulares de segurança, podem ser obtidas de institutos de pesquisa em engenharia e segurança.

---

2 Informações adicionais sobre as agências de implementação do Fundo Multilateral estão disponíveis na internet pelo site: (www.multilateralfund.org/implementing_agencies.htm).

3 Entre outros, dois projetos para introdução de fluidos frigoríficos HCs recebem recursos desde 2008, um para uma empresa de fabricação de condicionadores de ar na China e o segundo para um fabricante de equipamentos de refrigeração comercial na Suazilândia. A GIZ está implementando esses projetos em nome do Ministério e orientando as corporações sobre as questões técnicas relacionadas à conversão da fábrica e itens de segurança. Detalhes adicionais sobre esses projetos estão disponíveis no site da internet da Iniciativa Internacional do Clima www.bmu-klimaschutzinitiative.de/en/home, ou da GIZ, www.giz.de/proklima.

Como o envolvimento das autoridades nacionais varia amplamente de um país a outro e mesmo entre distritos em nível subnacional, não é possível fazer nenhuma afirmação geral sobre sua forma de envolvimento. Os parágrafos a seguir destacam algumas autoridades importantes e suas possíveis funções nos primeiros passos de introdução da legislação sobre HCs – onde não existe nenhuma política estabelecida ainda, como é o caso atual da maioria dos países em desenvolvimento.

Durante a formulação de um programa nacional de eliminação de HCFCs, as autoridades nacionais têm aproveitado a oportunidade para a criação de um modelo que permita ampliar a aplicação dos HCs. A introdução dos HCs também é considerada uma contribuição à política climática.[4]

**Unidades Nacionais de Proteção da Camada de Ozônio/Ministérios do Meio Ambiente**

As Unidades Nacionais de Ozônio (NOU) são os pontos focais em nível nacional para a implementação do Protocolo de Montreal e desempenham um papel importante em todas as decisões e ações relacionadas à implementação do programa de eliminação de HCFCs em seus países. As NOUs são na maioria dos casos departamentos subordinados aos ministérios do meio ambiente[5].

Os respectivos departamentos nesses ministérios decidem sobre a aprovação de planos de gestão para a eliminação dos HCFCs ou outras políticas ambientais que possam afetar a aplicação dos HCs.[6]

A preparação de planos nacionais de gerenciamento de eliminação dos HCFCs pode envolver as atividades a seguir, que serão então coordenadas pelo ministério do meio ambiente e a NOU, por exemplo:

- Organização de reuniões consultivas entre as partes envolvidas (estabelecimento de reuniões regulares com agências governamentais para revisão de políticas e reuniões com representantes do setor para abordagens em nível setorial);
- Definição de ferramentas de disseminação de informações para interação setorial e organização de workshops setoriais;
- Elaboração de minutas de planos com base nas contribuições das partes envolvidas e nos dados coletados em todos os setores pertinentes.

Os representantes setoriais podem endereçar à NOU informações sobre projetos em andamento sobre a eliminação dos HCFCs; como os diferentes setores serão afetados pelos compromissos assumidos em nível internacional; como receber suporte sobre as tecnologias alternativas e quais parceiros de cooperação estão disponíveis em nível internacional e/ou nacional. Além disso, a NOU é capaz de fornecer orientação e informações sobre o status atual das leis/normas nacionais para a introdução de fluidos frigoríficos HCs.

**Departamentos de saúde e segurança**[7]

Instituições nacionais de saúde e segurança ocupacional com frequência oferecem fontes de dados sobre saúde e segurança no local de trabalho. Esses departamentos desenvolvem normas e leis para proteção das pessoas em contato com substâncias perigosas. Como o manuseio de fluidos frigoríficos HCs está sujeito às disposições de segurança e saúde, alguns requisitos de projeto e medidas de precaução no local de trabalho e, em alguns casos, documentos, podem ser emitidos pelos departamentos de saúde e segurança. Institutos nacionais de proteção contra incêndio fornecem orientação sobre medidas de segurança em edifícios.

---

4 Um exemplo é o projeto com recursos do Ministério do Meio Ambiente alemão na China, implementado entre 2008 e 2010. O objetivo desse projeto foi fornecer assistência ao Ministério de Proteção Ambiental chinês no desenvolvimento de uma política climática compatível para o setor de refrigeração e espuma e na formulação de normas e disposições regulamentares apropriadas para suporte à utilização de fluidos frigoríficos naturais.Informações adicionais sobre esse projeto estão disponíveis em: http://.bmu-klimaschutzinitiative.de/en/projects?p=1&d=212.

5 No caso do Brasil a NOU é representada pela Gerência de Proteção da Camada de Ozônio (GPCO), que fica no Departamento de Mudanças Climáticas (DEMC), da Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental do Ministério do Meio Ambiente (SMCQ/MMA).

6 Informações para contato estão disponíveis em: www.unep.fr/ozonaction/information/contacts.htm.

7 Um exemplo é o Órgão Executivo de Saúde e Segurança do Reino Unido (HSE) que fornece informações completas sobre assuntos de segurança, incluindo gases inflamáveis (www.hse.gov.uk).

## 1.4.6 Órgãos de padronização

As normas são desenvolvidas em nível nacional, europeu ou internacional, entre uma variedade de organizações diferentes. Uma visão geral dessas organizações (com algumas organizações nacionais escolhidas aleatoriamente para fins ilustrativos) é mostrada na Figura 6.

Existe um grande número de organizações internacionais para padronização, porém as duas que estão diretamente envolvidas com a padronização da segurança de sistemas de refrigeração é a Organização Internacional para Padronização (ISO) e a Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC). Esses dois organismos são essencialmente independentes de governos, associações da indústria e empresas privadas. De modo similar, eles também são independentes entre si. Entretanto, existe agora um acordo formal entre as duas organizações para colaboração e complementação das normas individuais. Isso também ajuda a evitar sobreposições, contradições e duplicação do desenvolvimento e dos requisitos das normas.

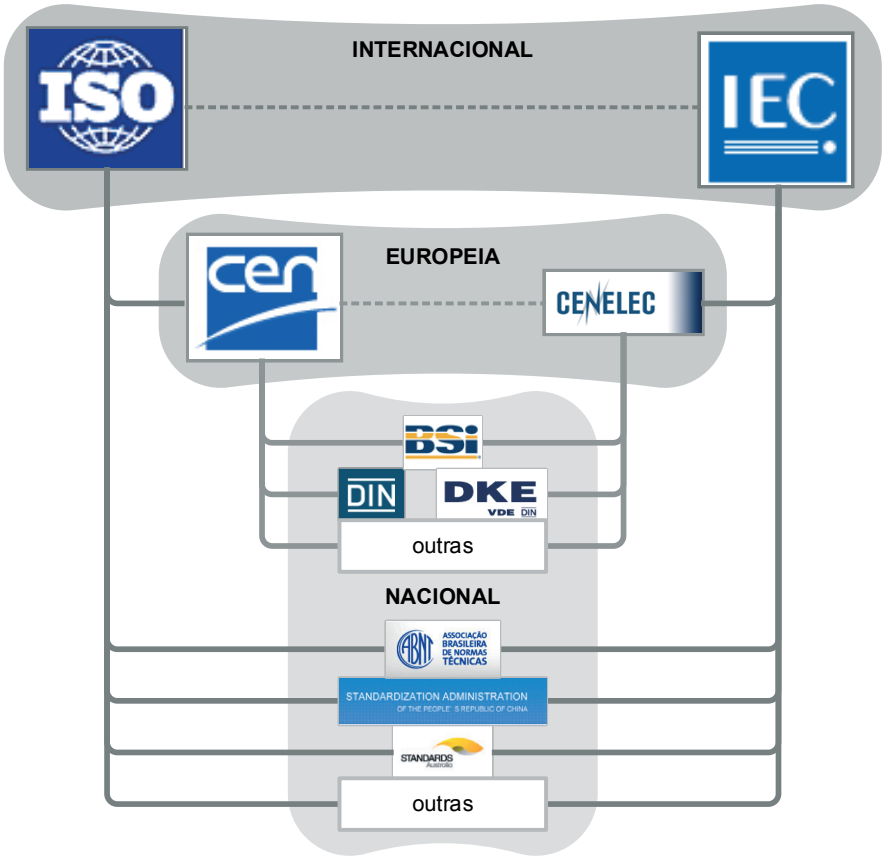
Em nível europeu, também existem dois órgãos principais envolvidos com normas de segurança de refrigeração; o Comitê Europeu de Normalização (CEN) e o Comitê Europeu de Normalização Eletrotécnica (CENELEC). Mais uma vez, eles são independentes de governos e instituições europeias, como a Comissão e o Parlamento Europeu, além de serem independentes entre si. Entretanto, de forma similar ao ISO e IEC, existe também um acordo formal de cooperação entre os dois organismos. Similarmente, existe também uma responsabilidade legal do CEN e do CENELEC para desenvolvimento de normas "harmonizadas" em resposta à publicação de diretivas europeias. Isso possibilita o atendimento de requisitos essenciais das diretivas da União Europeia (UE) por meio da confirmação com normas harmonizadas.

No âmbito nacional, a maioria dos países mantém organismos de padronização em nível nacional e alguns possuem mais de um.[8]

Esses órgãos produzem suas próprias normas ou analisam e adotam normas internacionais (caso seja na Europa, por exemplo, eles consideram as normas europeias). Além disso, alguns países contam com associações da indústria ou institutos técnicos que criam suas próprias normas (internas), que podem ser adotadas como normas nacionais. Alguns organismos de normas nacionais são independentes, enquanto que outros estão direta ou indiretamente vinculados ao governo.

8 Os detalhes de contato para praticamente todos os organismos de padronização nacionais podem ser encontrados em um dos endereços a seguir:
www.iso.org/iso/about/iso_members.htm; www.iec.ch/dyn/www/f?p=102:5:0; www.cen.eu/cen/Members/Pages/default.aspx; www.cenelec.eu/Cenelec/About+CENELEC/Our+organization/CENELEC+Members/Default.htm.

Figura 6: Visão geral dos vínculos entre organizações de padronização internacionais, europeias e nacionais (organismos nacionais são mostrados como exemplos)




Geralmente, os países afiliados à ISO ou IEC podem adotar as normas dessas organizações como norma nacional, que podem ser uma cópia direta ou modificada para adequar à situação nacional.

Os organismos de padronização nacionais na Europa que são membros da CEN e/ou CENELEC (aplicável no mínimo a todos os estados membros da UE) têm obrigação de adotar as normas dessas organizações. Normalmente, o mesmo organismo nacional mantém ligações com a ISO e a IEC (e CEN e CENELEC, na Europa), enquanto que em alguns países, podem existir organismos nacionais separados negociando com a ISO (e CEN) e com a IEC (e CENELEC). Se o país tem uma norma nacional conflitante, ela deverá ser removida.

Algumas vezes, a CEN adota as normas ISO e vice-versa, da mesma forma que a CENELEC pode adotar normas da IEC e vice-versa.

### 1.4.7 Organismos de acreditação

Os organismos de acreditação são utilizados para garantir que a aplicação das normas acordadas em nível nacional ou internacional pelas organizações que fornecem serviços de certificação, testes, inspeção e calibração seja executada corretamente.[9]

9 Uma listagem da maioria dos organismos de acreditação pode ser encontrada no site da Internet do Fórum de Acreditação Internacional (www.iaf.nu), em http://www.compad.com.au/cms/iaf/public/5.

# 1.5 MODELO DE REGULAMENTAÇÕES E NORMAS

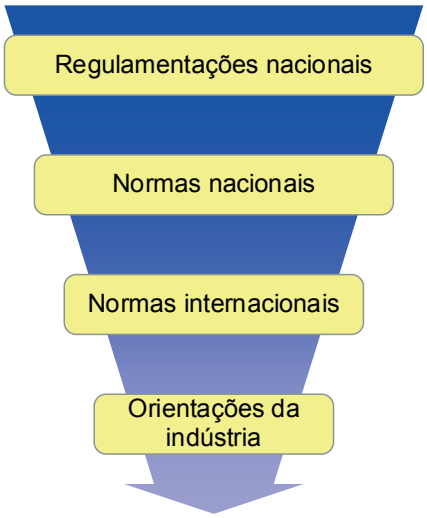
## 1.5.1 Introdução

As regras que impactam a aplicação segura de fluidos frigoríficos HCs podem ser categorizadas em regulamentações, normas e orientações gerais (destinadas ao setor industrial). Cada uma delas serve a um objetivo específico e é importante entender quais são e como identificar a documentação apropriada para uso em uma determinada situação. Existe um grande número de regulamentações, normas e orientações gerais que impactam direta ou indiretamente a utilização de fluidos frigoríficos HCs, nos estágios a seguir:

- Projeto de sistemas e equipamentos;
- Fabricação de componentes, sistemas e equipamentos;
- Instalação e posicionamento de sistemas e equipamentos;
- Serviço, manutenção e desmontagem de sistemas e equipamentos.

Os diferentes tipos de regras têm prioridades variáveis e a hierarquia das regulamentações, normas e orientações é mostrada na Figura 1. Geralmente, as regulamentações nacionais têm prioridade total e seus requisitos são legalmente obrigatórios. Normas nacionais e, até certo ponto, normas internacionais, constituem uma interpretação técnica do que é considerado "seguro" e, finalmente, as orientações gerais (destinadas ao setor industrial) tendem a ser não obrigatórias e somente para fins de informação.

Figura 7: Hierarquia de regulamentações, normas e orientações do setor




Esta seção fornecerá uma visão geral das regulamentações e das orientações gerais, mas também terá um foco no conceito de normas explicando onde e como elas deverão ser aplicadas.

## 1.5.2 Regras nacionais de saúde e segurança

Na maioria dos países, existem outras regras nacionais importantes que deverão ser consideradas. Normalmente, elas incluem a legislação genérica (na forma de um ou mais atos) relacionada à segurança industrial e saúde dos trabalhadores.

Essas regras especificarão, entre outras coisas, a provisão e utilização de equipamentos de proteção no trabalho (equipamentos de proteção individual – EPI) pelos funcionários nas suas atividades, sendo que a obrigação pela exigência de uso é direcionada aos mesmos. Essas regras são consideradas o documento central a ser utilizado na avaliação do risco potencial dos equipamentos de trabalho. Com frequência, as autoridades elaborarão regulamentações, normas ou códigos para ajudar a facilitar a aplicação prática das leis nas empresas. Para apoiar a legislação geral sobre saúde e segurança, normalmente terão regras complementares

aplicáveis à inspeção dos equipamentos e instalações de trabalho sujeitos a monitoramento por um organismo aprovado ou "pessoa competente" autorizada.

### 1.5.3 Regulamentações

As regulamentações nacionais são normalmente regras primordiais que se aplicam, porém com a tendência de simplesmente afirmar o "dever de oferecer segurança" em vez de realmente descrever o que é "seguro". Normalmente, as regulamentações são específicas a cada um dos países (exceto em alguns casos dentro da União Europeia, onde algumas regulamentações se aplicam em todos os estados membros). Pelo fato das regulamentações serem geralmente específicas do país, não é prático fornecer uma visão detalhada de seus requisitos. Entretanto, ainda que existam são muito poucas as regulamentações que tratam especificamente da segurança dos fluidos frigoríficos HCs, que fornecem somente as suas descrições, portanto servem a poucos objetivos.

Normalmente, alguns tipos diferentes de regulamentações deverão ser aplicados ao contexto do uso dos fluidos frigoríficos inflamáveis em sistemas de refrigeração. Essas regulamentações incluem:

- Segurança de maquinário;
- Segurança de vasos e sistemas de pressão;
- Segurança elétrica;
- Inflamabilidade de gases e líquidos;
- Segurança de áreas perigosas;[10]
- Resíduos e equipamentos sucateados;
- Segurança na construção de edificações.

Desse modo, normalmente dentro de um país, a consideração dessas regulamentações fornecerá uma recomendação de como os fluidos frigoríficos inflamáveis deverão ser manuseados e alguns aspectos especiais a serem considerados.

### 1.5.4 Normas

Uma norma é principalmente um acordo, forma repetitiva de fazer algo. Ela é constituída por um documento publicado contendo uma especificação técnica ou outros critérios precisos planejados para uso consistente como uma regra, orientações ou definição.  As normas são desenvolvidas por comitês que incluem as partes interessadas, como fabricantes, vendedores, compradores, usuários e operadores de um determinado produto, processo ou serviço. As normas desenvolvidas são planejadas para uso voluntário e não impõem nenhuma regulamentação. Entretanto, as leis e regulamentações podem fazer referência a algumas normas, tornando seu cumprimento obrigatório.

Apesar de as normas serem planejadas para uso voluntário sem impor nenhuma regulamentação, a legislação exige que muitos governos, organismos setoriais e associações da indústria exijam produtos, serviços, entre outros, em conformidade com uma norma ou regulamentação antes de serem oferecidos para venda ou introdução no mercado. Essa prática é adotada para garantir: concorrência em termos igualitários entre países e empresas, obtenção de certo nível de qualidade e garantia de alcançar certo nível de segurança.

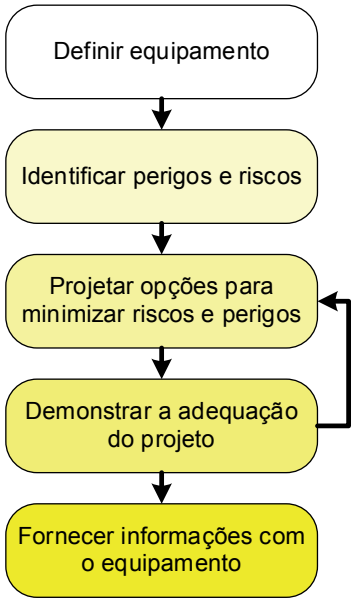
10 A referência é feita para as assim chamadas diretivas europeias "ATEX": a diretiva de equipamentos ATEX 95 94/9/EC, Equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres" e a diretiva de local de trabalho ATEX137 99/92/EC, "Minimum requirements for improving the safety and health protection of workers potentially at risk from explosive atmospheres". Elas ajudam a proporcionar uma abordagem amplamente lógica no manuseio de substâncias inflamáveis em qualquer situação.

**Método de implementação das normas de segurança**

Existe uma variedade de normas de segurança diferentes, cobrindo uma extensa faixa de materiais, produtos, processos e serviços. Existe um método de implementação razoavelmente comum para componentes e unidades usadas em sistemas de RAC (refrigeração e ar-condicionado), conforme detalhado na Figura 8.

Em primeiro lugar, define-se o objeto que está sendo considerado e, a seguir, os riscos e perigos identificados e que estão associados a esse objeto. Uma ou mais opções de projeto podem ser oferecidas de modo a reduzir riscos e perigos a um nível aceitável. Entretanto, a validade do método escolhido deverá então ser demonstrada de alguma forma, podendo ocorrer por meio de inspeções, certificação e/ou testes. Dependendo do atendimento ou não dos critérios, métodos alternativos poderão ser considerados e implementados. Por último, existe normalmente um requisito relacionado ao fornecimento de informações, que podem incluir marcação, instruções e/ou outras documentações.

Figura 8: Método típico de implementação da norma de segurança


Definir equipamento
Identificar perigos e riscos
Projetar opções para minimizar riscos e perigos
Demonstrar a adequação do projeto
Fornecer informações com o equipamento

No contexto de um sistema de refrigeração, existe um grande número de normas relacionadas. A Figura 9 fornece um mapa dos diferentes aspectos relacionados aos sistemas de refrigeração e aos problemas relacionados à segurança, que são normalmente abordados nas normas. O mapa da Figura 9 identifica seis categorias principais:

- Todo o ambiente no qual o sistema opera;
- Todo o sistema de refrigeração;
- Componentes que compõem o sistema;
- Instrumentação e controles associados ao sistema;
- Fluidos utilizados no sistema;
- Equipamentos associados utilizados no sistema, por exemplo, durante o serviço.

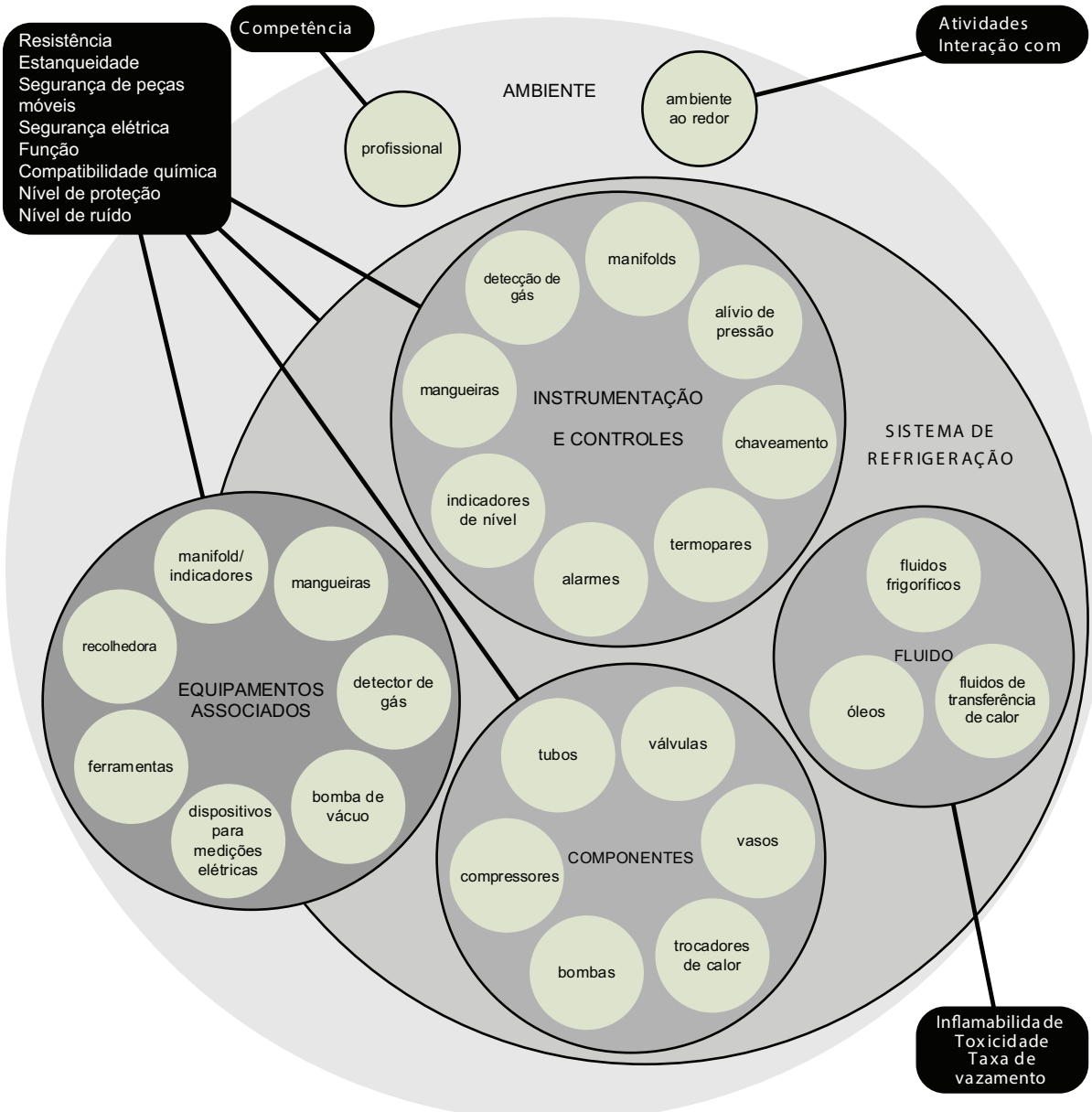
Para todas essas categorias e para os elementos dentro delas, existe uma série de considerações que podem ser aplicadas para avaliar o nível de segurança. Para os componentes, instrumentos, controles e equipamentos associados, bem como o sistema inteiro, aspectos, como resistência, estanqueidade e segurança elétrica deverão ser avaliados. Toxicidade, inflamabilidade e taxa de vazamento dos fluidos deverão ser consideradas para fluidos. Além disso, o profissional precisa ter competência comprovada e o ambiente ao redor precisa ser considerado em relação a várias formas de interação com o sistema e suas peças.

Normas de segurança existem para uma grande proporção dessas categorias e elementos, descrevendo as considerações de segurança de cada um, e tipos de testes e avaliações necessários para atender ao nível desejado de segurança. Essas normas incluem:

- Normas gerais, conceituais ou que abordam componentes, etc. para uma ampla faixa de aplicações (não somente RAC);
- Normas que tratam especificamente de aplicações em RAC, mas que não relacionadas a fluidos frigoríficos;
- Normas que tratam de componentes, sistemas e equipamentos de RAC, mas que consideram especificamente fluidos frigoríficos (incluindo os hidrocarbonetos).

Esse último tipo de norma será abordado mais adiante.

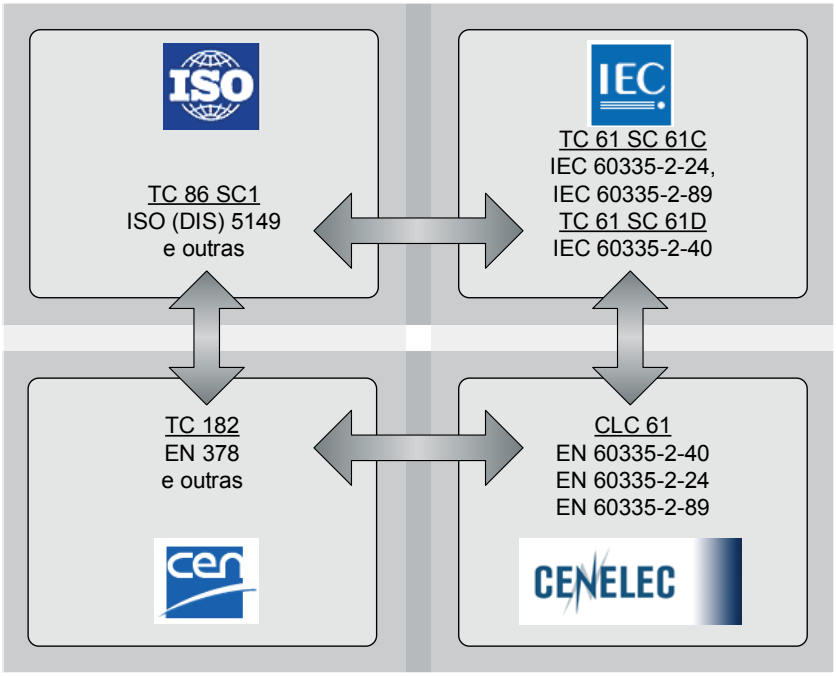
Figura 9. Aspectos de um sistema de refrigeração implícito nas normas de segurança



**Normas de segurança relativas a fluidos frigoríficos HCs**

Existem várias normas europeias e internacionais que tratam de equipamentos de RAC e que incluem especificamente os requisitos de fluidos frigoríficos HCs. Normalmente, essas normas se aplicam a todos os conjuntos e componentes em vez de cada um dos elementos isoladamente. As principais normas europeias e internacionais são mostradas na Figura 10 juntamente com o comitê técnico responsável.

Figura 10: Principais normas europeias e internacionais que tratam de fluidos frigoríficos HCs, comitês técnicos e pessoas envolvidas com as associações




Em nível internacional, existem atualmente quatro normas, uma da ISO e três da IEC. A norma ISO 5149 é uma norma geral que na teoria se aplica a todos os sistemas de RAC. As três normas da IEC (IEC 60335-2-24, IEC 60335-2-40 e IEC 60335-2-89) se aplicam a refrigeração doméstica, condicionadores de ar e bombas de calor, e refrigeração comercial, respectivamente. Da mesma forma, em nível europeu, existem também quatro normas atuais: uma norma CEN, EN 378, que é uma norma geral que na teoria se aplica a qualquer sistema de RAC; e três normas CENELEC, EN 60335-2-24, EN 60335-2-40 e EN 60335-2-89. Um resumo de seus escopos é incluído na Tabela 3.

Algumas observações importantes podem ser feitas em relação a essas normas:

- ISO 5149: A versão atual dessa norma é de 1993 e está um pouco defasada. Além disso, os documentos não incluem nenhum requisito útil em relação à utilização de fluidos frigoríficos HCs. Desde antes de 1998, ela tem estado em revisão e a versão atual (DIS ISO 5149: 2009) se baseia na versão publicada da norma EN 378. Entretanto, modificações significativas estão em andamento e, como resultado, os requisitos finais podem ser consideravelmente diferentes daqueles na minuta atual;
- IEC 60335-2-24, IEC 60335-2-40 e IEC 60335-2-89: Essas normas de "eletrodomésticos" fazem parte de um grupo de mais de 100 outras partes que abrangem uma ampla variedade de outros equipamentos (que não são de RAC). Elas se baseiam em uma norma comum, IEC 60335-1, que inclui requisitos gerais de segurança para eletrodomésticos e aparelhos elétricos similares. Elas fornecem a base para outras normas, que por sua vez listam uma série de novas partes e modificações necessárias para tornar a parte específica aplicável ao aparelho que está sendo considerado;
- EN 378: A versão atual é de 2008 e seus requisitos cobrem a utilização de fluidos frigoríficos HCs para uma gama de aplicações;

- EN 60335-2-24, EN 60335-2-40 e EN 60335-2-89: Essas normas são virtualmente as mesmas que aquelas que das versões IEC, exceto para certas modificações que estão em conformidade com a situação europeia.

Os principais requisitos dessas normas são utilizados para uma grande parte das orientações nesse manual. Entretanto, deve-se reconhecer que esse material não é um substituto para a conformidade com as normas (e regulamentações) relevantes. Deve-se observar também que alguns elementos das normas de segurança não são ideais e podem, de fato, serem inapropriados algumas vezes (se este for o caso, uma justificativa detalhada deverá ser fornecida de como um nível equivalente de segurança está sendo alcançado por meio de medidas alternativas). Além disso, as normas passam por atualizações, revisões e modificações constantes, de modo que o conteúdo dessa seção/manual não substitui a própria norma. Entretanto, para conformidade com uma norma de segurança, esta deverá ser utilizada – o material aqui contido servirá apenas para fins de orientação. Todavia, na ausência de requisitos em uma norma nacional, os requisitos aqui contidos poderão ser utilizados adicionalmente.

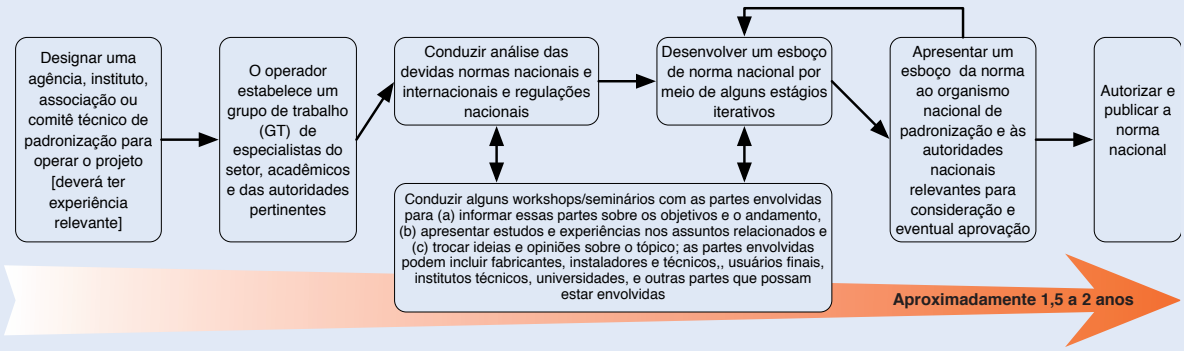
Tabela 3: Resumo das normas de segurança relevantes

| Norma | Título | Aplicação | Limites de carga do HC |
|---|---|---|---|
| IEC e EN 60335-2-24 | Particular requirements for refrigerating appliances, ice-cream appliances and ice-makers | Refrigeração doméstica | Até 150 g |
| IEC e EN 60335-2-40 | Particular requirements for electrical heat pumps airconditioners,and dehumidifiers | Todos os aparelhos de ar-condicionado e bombas de calor | Até aprox.1 kg e até aprox.5 kg dependendo da aplicação |
| IEC e EN 60335-2-89 | Particular requirements for commercial refrigerating appliances with an incorporated or remote refrigerant condensing unit or compressor | Todos os aparelhos de refrigeração utilizados em situações comerciais | Até 150 g |
| EN 378 | Refrigeration systems and heat pumps –safety and environmental requirements | Todos os sistemas: de refrigeração, ar condicionado e bomba de calor ; para aplicações domésticas, comerciais ou industriais | Variável, dependendo da aplicação |
| ISO (DIS) 5149 | Mechanical refrigerating systems used for cooling and heating – safety requirements | Todos os sistemas: de refrigeração, ar condicionado e bomba de calor; para aplicações domésticas, comerciais ou industriais | Variável, dependendo da aplicação |

**DESENVOLVIMENTO DE UMA NORMA**

O desenvolvimento de uma versão própria de uma norma pode ser útil para um país A5. Ao fazer isso, por um lado, é aconselhável seguir uma norma internacional equivalente ou uma norma nacional ou regional (por ex. europeia) amplamente reconhecida. Por outro lado, essas normas são normalmente muito complexas e repletas de requisitos restritivos, devido aos interesses comerciais durante o processo de desenvolvimento da norma. Portanto, é aconselhável o desenvolvimento de um método de implementação que seja o mais simples possível, garantindo ao mesmo tempo um bom nível de segurança, porém sem uma tecnologia proibitiva, mas assegurando que ela seja suficientemente compreensível pela maioria dos técnicos e engenheiros e também seja fácil de seguir.

O processo de desenvolvimento de normas difere entre os países e de acordo com o tipo da norma. A figura a seguir ilustra os processos conduzidos por um país asiático no desenvolvimento de normas nacionais para aparelhos de HC.


Designar uma agência, instituto, associação ou comitê técnico de padronização para operar o projeto [deverá ter experiência relevante]
O operador estabelece um grupo de trabalho (GT) de especialistas do setor, acadêmicos e das autoridades pertinentes
Conduzir análise das devidas normas nacionais e internacionais e regulações nacionais
Desenvolver um esboço de norma nacional por meio de alguns estágios iterativos
Apresentar um esboço da norma ao organismo nacional de padronização e às autoridades nacionais relevantes para consideração e eventual aprovação
Autorizar e publicar a norma nacional
Conduzir alguns workshops/seminários com as partes envolvidas para (a) informar essas partes sobre os objetivos e o andamento, (b) apresentar estudos e experiências nos assuntos relacionados e (c) trocar ideias e opiniões sobre o tópico; as partes envolvidas podem incluir fabricantes, instaladores e técnicos,, usuários finais, institutos técnicos, universidades, e outras partes que possam estar envolvidas
Aproximadamente 1,5 a 2 anos

Verificações deverão ser introduzidas em vários pontos para garantir que o processo não esteja sendo utilizado para proibir, em vez de produzir, uma norma sólida e segura.

## Normas elétricas

Há muitas normas elétricas nacionais e regionais aplicáveis globalmente. A principal norma europeia é a EN 50110: 2004: "Operation of electrical installations" (incluindo os anexos nacionais). A norma consiste de duas partes. A primeira, EN 50110-1, contém os requisitos mínimos aplicáveis a todos os países membros da CENELEC e alguns anexos informativos adicionais falando sobre trabalho seguro. A segunda parte, EN 50110-2, consiste de um conjunto de anexos sobre instruções normativas que especificam os requisitos de segurança atuais ou fornecem os suplementos nacionais para esses requisitos mínimos no momento de elaboração da norma. Além disso, existe também uma variedade de normas elétricas específicas para aparelhos e equipamentos elétricos. A norma genérica para aparelhos é a EN/IEC 60335-1.

## Normas sobre áreas de risco

Há um grande número de normas aplicáveis a "atmosferas perigosas", que normalmente se aplicam a situações nas quais gases (ou poeiras explosivas) inflamáveis podem estar presentes. A maioria delas foi desenvolvida em situações onde grandes quantidades de substâncias inflamáveis estão presentes, como plataformas petrolíferas, refinarias e outras instalações petroquímicas. Todavia, os mesmos princípios se aplicam em situações em que fluidos frigoríficos inflamáveis são utilizados e, portanto, essas normas também são importantes. Além disso, na Europa e em alguns outros países, a legislação sobre atmosferas perigosas geralmente faz menção a algumas metodologias de avaliação descritas nas normas sobre atmosferas perigosas e, desse modo, deverão receber a mesma consideração. Na realidade, essas normas também se aplicam a outros aspectos do tempo de vida dos equipamentos, como testes, fabricação e descarte. Entretanto, também se observa que essas normas são, com frequência, diferentes daquelas utilizadas no setor de RAC e podem parecer onerosas, de modo que deverão ser lidas e aplicadas cuidadosamente.

### 1.5.5 Outras publicações

Outras publicações, incluindo orientações de códigos de prática são também fontes úteis de informações. Elas podem ser criadas por associações de comércio ou da indústria, institutos técnicos, agências de desenvolvimento, entre outros. Elas tendem a ser específicas para alguns países e/ou certas aplicações do equipamento. Elas podem ser úteis nesse sentido. Entretanto, elas raramente tendem a conduzir a qualquer nível de autoridade e se destinam à utilização como um guia de compreensão e interpretação das regulamentações e normas. Uma lista de publicações selecionadas que podem ser úteis é fornecida na bibliografia. Por fim, existe uma variedade de publicações técnicas e científicas diretamente aplicáveis a muitos tipos de sistemas e equipamentos que utilizam fluidos frigoríficos inflamáveis, que podem ser também úteis quando as situações estão sendo examinadas em profundidade.

# PARTE 2: SISTEMAS DE QUALIDADE RELACIONADOS À SEGURANÇA

## 2.1 INTRODUÇÃO

### 2.1.1 Visão geral

O conceito de qualidade como imaginamos hoje emergiu primeiramente a partir da Revolução Industrial. Desse período em diante, sistemas de qualidade foram estabelecidos nas empresas para obter boa qualidade de produção e correção de erros. Conforme mencionado anteriormente, para garantir um alto nível de segurança de um produto e/ou serviço não basta apenas seguir um conjunto de regras.

A série ISO 9001: 2008 da Organização Internacional de Padronização descreve normas para um sistema de gestão de qualidade (SGQ) abordando princípios e processos relativos ao projeto, desenvolvimento e entrega de um produto ou serviço geral. As organizações podem participar de um processo contínuo de certificação ISO 9001: 2000 para demonstrar sua conformidade com a norma, incluindo os requisitos de melhoria contínua do sistema de qualidade. Além disso, os fabricantes deverão estabelecer e seguir sistemas de qualidade para ajudar seus produtos a atenderem os requisitos e as especificações aplicáveis.

Os elementos essenciais que um sistema de qualidade deverá incorporar para projeto, produção e distribuição incluem:

- Treinamento dos funcionários;
- Controle de projeto do produto;
- Controle da documentação;
- Controle de compras;
- Identificação de produtos e acompanhamento de todos os estágios de produção;
- Controle e definição da produção e do processo;
- Definição e controle dos equipamentos de inspeção, medição e testes;
- Validação de processos;
- Aceitação de produtos;
- Controle de produtos não-conformes;
- Instituição de ações corretivas e preventivas na ocorrência de um erro;
- Etiquetagem e embalagem;
- Controles;
- Registros;
- Serviços;
- Técnicas estatísticas.

Esse conceito é comum por vários motivos. Além da segurança, ele também pode ser necessário para confiabilidade do produto, eficiência na manutenção, desenvolvimento e melhoria contínuos, satisfação do

cliente, impacto ambiental, entre outros. Apesar do conceito aqui descrito ser geralmente aplicável, o foco está no manuseio de fluidos frigoríficos HCs.

A Figura 11 ilustra um conceito genérico do sistema de qualidade relacionado à segurança. Ela é centrada nas atividades que estão sendo consideradas. Elas podem variar de uma empresa de pequeno porte que somente projeta um componente específico ou um técnico autônomo executando trabalho de manutenção até um grande fabricante de componentes e aparelhos montados em fábrica ou uma empreiteira conduzindo o projeto, instalação, comissionamento e manutenção de sistemas de refrigeração muito grandes. Desse modo, a atividade em questão pode ser pontual e razoavelmente isolada ou pode incluir algumas atividades interligadas.

Entretanto, para um projeto que envolve várias organizações, o sistema deverá ser preparado para tratar todo o conjunto de atividades de modo interligado. Da mesma forma, para um determinado produto ou aparelho, esse sistema deverá abordar o que ocorre com ele durante todo o seu tempo de vida, muito além do ponto de saída da fábrica. Obviamente, todos os componentes indicados na Figura 11 podem não ser diretamente aplicáveis a todas as atividades concebíveis e, de modo inverso, poderão existir outros processos não mostrados que deverão ser adotados.

Em geral, uma determinada atividade exige um fornecimento, por exemplo, matérias-primas, componentes, serviços externos, equipamentos de suporte, projetos, entre outros. Esses recursos são então utilizados para execução das atividades. Durante ou após a atividade, várias formas de testes de rotina podem ser conduzidos para verificar se o produto está conforme desejado, por exemplo, se o sistema está estanque a vazamentos, se todas as fontes de ignição foram eliminadas, se as especificações de segurança foram verificadas, entre outros.

Entretanto, para obter uma percepção mais profunda da confiabilidade da atividade, alguns itens ou serviços selecionados poderão ser submetidos a avaliações mais rigorosas ou testes por amostragem. Algumas vezes, essas avaliações são conduzidas por laboratórios independentes ou acompanhadas pessoalmente de modo independente. Os resultados dos testes de rotina e/ou testes por amostragem são verificados a partir de um conjunto de critérios. Se o regime de teste indica um resultado negativo, uma ação corretiva deverá ser tomada (pois esse resultado pode indicar que o produto, a instalação ou o serviço não atende aos requisitos de segurança desejados). Isso pode incluir a melhoria do fornecimento dos recursos ou serviços, otimização das atividades realizadas, mas também verificação em termos da execução correta dos testes.

Algumas vezes, uma terceira parte poderá ser incluída nesse estágio para efetuar dupla verificação de erros ou fornecer conhecimentos específicos adicionais. Se os critérios dos resultados dos testes são atendidos, o resultado é considerado positivo. Nesse caso, a documentação necessária poderá ser preparada, por exemplo, através de relatórios de testes, folhas de comissionamento, entre outros.

Finalmente, a literatura pertinente é apresentada (se for o caso) e um formulário de aprovação poderá ser fornecido, além de marcação e/ou certificação de qualidade, se necessário. Esse último item pode variar de um processo simples, como o gerente da instalação aprovar o trabalho realizado pelo técnico, até a obtenção de certificação oficial de um organismo notificado para a execução de uma grande instalação de refrigeração ou aparelho específico a ser comercializado em uma determinada região.

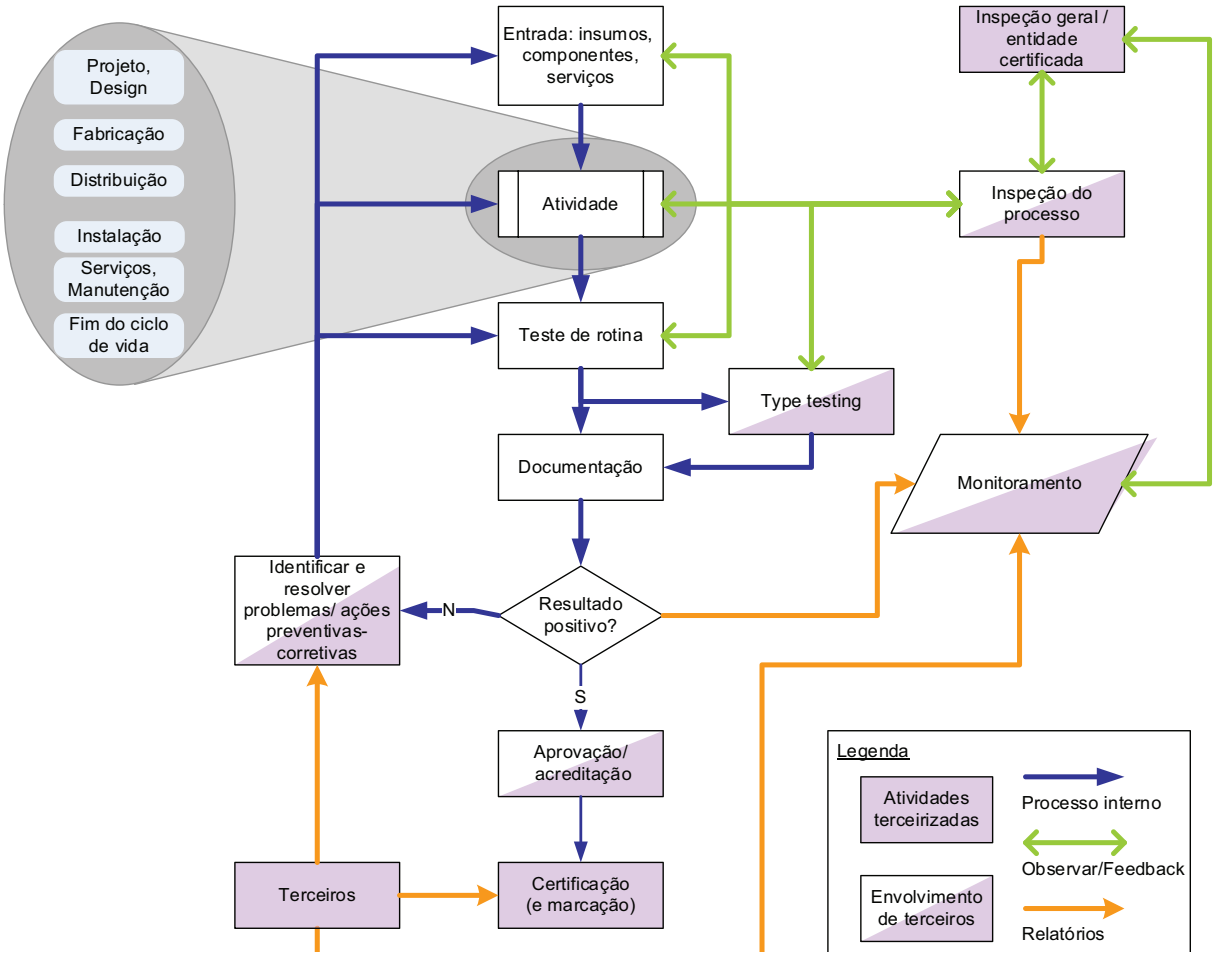
Para garantir que cada um dos processos internos está sendo conduzido de acordo com as boas práticas, um sistema de inspeções deverá ser estabelecido. Por exemplo, no caso das atividades que envolvem os recursos, como a compra de materiais, peças ou serviços deverão ser observadas e verificadas para garantir que suas especificações atendem às necessidades da atividade principal, a quantidade de fornecimentos é consistente, entre outros. Da mesma forma, as inspeções deverão também observar como os procedimentos de trabalho prescritos estão sendo conduzidos para a atividade considerada e se os testes de rotina e por amostragem também seguem os protocolos estabelecidos.

Além disso, o sistema atual que foi preparado para a realização das várias inspeções poderá também ser submetido a inspeções e verificações de modo a permitir a identificação de erros globais. Apesar de as

inspeções de processo poderem ser conduzidas internamente, a inspeção geral é frequentemente realizada por terceiros de modo a garantir que os itens críticos não tenham sido ignorados.

Para montar um quadro geral da atividade como um todo, é preciso estabelecer um sistema de monitoramento. Ele atua como um banco de dados para registro da confiabilidade (ou não confiabilidade) de todos os processos e, portanto, permite que a organização identifique onde os problemas surgiram ou destaque tendências que poderiam eventualmente levar a um perigo significativo. Particularmente, o monitoramento deverá ser estendido por todo o tempo de vida do equipamento ou produto, pois o feedback sobre problemas no longo prazo permite que as partes relevantes da atividade sejam otimizadas para se alcançar melhor confiabilidade para os próximos produtos a serem produzidos. Por exemplo, ele pode ajudar a identificar uma determinada válvula, que apresenta vazamento com frequência após um ano de uso, ou um determinado técnico que não substitui as peças elétricas apropriadas, entre outros. Mais uma vez, o envolvimento de terceiros pode também agregar valor nesse estágio para auxiliar no fornecimento de interpretações independentes das observações e agregar experiência de outras fontes.

Figura 11: Visão geral de um sistema de qualidade para tratar de questões de segurança




## 2.1.2 Sistemas de controle de qualidade

O Controle de Qualidade (CQ) é um procedimento ou conjunto de procedimentos que deve garantir que um produto fabricado, serviço ou algum outro processo cumpra com um conjunto definido de critérios de qualidade ou atenda alguns requisitos. Ele pode incluir testes de segurança, inspeções terceirizadas e marcação de qualidade.

As vantagens do CQ são normalmente maior confiabilidade, manutenibilidade e segurança. Na realidade, é necessário ter um sistema de CQ para uma boa e segura qualidade em termos de projeto, desenvolvimento, produção, construção, instalação, operação e durante uma manutenção. O processo utiliza recursos para

transformar requisitos (entradas) em características ou especificações (saídas) para sistemas de refrigeração. Esses sistemas e seus componentes serão inspecionados e testados detalhadamente em conformidade com as especificações de engenharia, como as regras de equipamentos sob pressão em alguns países. Um sistema de gestão de qualidade certificado é obrigatório quando as organizações estão tratando de produtos sujeitos a rigorosos requisitos de saúde e segurança. Por exemplo, na Europa, o estabelecimento e a certificação de sistemas de Gestão da Qualidade (QM – Quality Management) é uma condição para obtenção da marcação CE[11] em equipamentos e componentes. Um dos sistemas de controle de qualidade mais amplamente conhecidos é o ISO 9001. Como alternativa, o sistema de QM pode ser desenvolvido internamente ou ser escolhido especificamente para adequação à natureza da empresa.

Existe também um CQ externo que verifica os produtos e serviços em intervalos durante um ano necessariamente, e muitas vezes sem aviso prévio. No caso de produtos, os itens podem ser retirados dos estoques para verificação em laboratório externo e, da mesma forma, toda a documentação associada ao produto e aquela relativa ao controle de qualidade interno também poderão ser verificadas. No caso de algum serviço, ele pode ser observado (talvez aleatoriamente) diretamente à medida que é executado e possivelmente inspecionado após sua conclusão.

Para implementar um programa eficaz de CQ, a organização deverá primeiro decidir quais normas, orientações ou algum outro conjunto de regras específicas deverão ser atendidas pelo produto ou serviço. A seguir, a extensão das ações de CQ deverá ser determinada (por exemplo, o percentual de unidades a serem testadas de cada lote). Na sequência, os dados do mundo real deverão ser coletados (por exemplo, o percentual de unidades com falha) e os resultados reportados à gerência. Em seguida, uma ação corretiva deverá ser decidida e tomada (por exemplo, unidades com defeito deverão ser reparadas ou rejeitadas e problemas de manutenção deverão ser resolvidos sem custo até que o fabricante fique satisfeito). Em caso de excesso de falhas nas unidades ou excesso de ocorrências relacionadas a problemas de manutenção, um plano deverá ser concebido para melhoria do processo de produção ou manutenção e, a seguir, esse plano deverá ser implantado. Finalmente, o processo de CQ deverá ser contínuo de modo a garantir que os esforços de reparação, se necessários, tenham produzido resultados satisfatórios e não haja detecção imediata de recorrências ou novas instâncias de problemas.

**TRABALHO COM TERCEIROS**

Muitos fabricantes trabalham em conjunto com terceiros. Um contrato de inspeção deverá ser acordado entre uma instituição de inspeção e o fabricante, que será a base das inspeções ao longo do ano e que confirma para o cliente que os produtos/equipamentos respeitam todas as normas e padrões relevantes. Essas partes terceirizadas oferecem um serviço integrado para ajudar os fabricantes locais e regionais na solução de problemas de produção, de modo a oferecer uma vantagem competitiva. Esse trabalho inclui suporte ao controle de qualidade ou testes de desenvolvimento, condução de análise de falhas, melhoria da produtividade, qualidade e segurança dos produtos. Muitos organismos notificados operam em todo o mundo em conformidade com as leis e regulamentações locais e internacionais e as normas de segurança exigidas em outros países.

11 Communautés Européennes; Certificação CE significa que a marcação CE é uma marca de conformidade obrigatória em muitos produtos colocados em determinados mercados na Área Econômica Europeia (EEA).

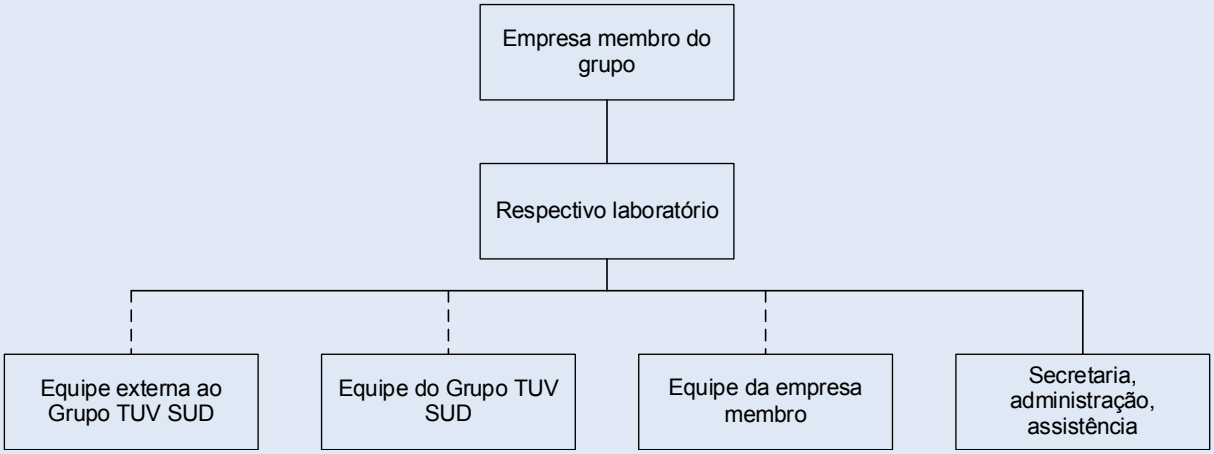
Se a empresa decide implementar um programa de CQ, ela precisará considerar alguns aspectos para garantir o seu sucesso. Existem três passos a serem seguidos, na ordem:

- Passo 1 – estabelecer apoio à gestão;
- Passo 2 – medir o processo;
- Passo 3 – Tratar as atividades de forma adequada.

Estes passos são orientações fundamentais para a fabricação, instalação ou manutenção de sistemas de refrigeração.

**LABORATÓRIOS DE CALIBRAÇÃO**

Os serviços prestados por laboratórios de teste e calibração terceirizados deverão oferecer um alto nível de qualidade, suas competências devem ser reconhecidas no mercado e devem ser independentes (neutro). Esses laboratórios devem atender a norma internacional ISO/IEC 17025. Os resultados dos seus testes e calibrações também devem possuir uma aceitação mútua por diferentes empresas e países. Em particular, isso se aplica aos laboratórios acreditados pelas organizações que são partes de acordos de reconhecimento mútuo. O sistema de qualidade dos laboratórios satisfaz os requisitos definidos em ISO/IEC 17025, ISO/IEC Guide 2 e ISO 9001. Para garantir a manutenção e melhoria contínua do alto nível de qualidade das atividades relacionadas aos testes e calibração toda a equipe do laboratório responsável por conduzir essas atividades deverá estar familiarizada com os procedimentos e processos do sistema de qualidade. Todos os clientes poderão utilizar os serviços dos laboratórios independentemente de suas acreditações/aprovações, competências e capacidades. A figura abaixo mostra a estrutura organizacional das empresas membros e dos seus laboratórios afiliados.


Empresa membro do grupo
Respectivo laboratório
Equipe externa ao Grupo TUV SUD
Equipe do Grupo TUV SUD
Equipe da empresa membro
Secretaria, administração, assistência

A edição mais recente da ISO 9001: 2008 especifica os requisitos de um sistema de QM no qual uma organização deverá demonstrar sua habilidade para fornecer um produto de modo consistente que atende às demandas do cliente e as regulamentações aplicáveis. Todos os requisitos dessa norma são genéricos e se destinam à aplicação em todas as organizações, independentemente de tipo, porte ou produto fornecido. Na qual quaisquer requisitos dessa norma não possam ser aplicados por causa da natureza de uma organização e de seu produto, eles deverão ser excluídos.

Finalmente, todo o sistema de CQ é controlado por meio de interação com parceiros do setor e normalmente não existe nenhum envolvimento do governo diretamente.

**EN 13980**

Empresas, agências reguladoras ou outras organizações podem considerar útil o material da Norma Europeia, EN 13980 – "Potentially explosive atmospheres. Application of quality systems" ao levarem em conta a aplicação de fluidos frigoríficos inflamáveis. Essa norma contém requisitos e informações para o estabelecimento e a manutenção de sistemas de qualidade relacionados aos equipamentos ou aos trabalhadores, que possam entrar em contato com atmosferas explosivas.

Ela pode ser utilizada para orientar as empresas e autoridades no desenvolvimento e verificação dos sistemas de qualidade implantados. Ela é complementar a outras normas de sistemas de qualidade, como ISO 9000 e ISO 9001 e aborda as questões gerais dos sistemas de gestão de qualidade, responsabilidades gerenciais, gerenciamento de recursos, realização e medição de produtos, análise e melhoria, todas especificamente aplicáveis a produtos e ambientes que envolvem materiais inflamáveis.

## 2.2 ELEMENTOS DE ENTRADA (INPUTS)

Para executar algum tipo de atividade, alguns elementos deverão ser fornecidos para essa execução. Eles podem incluir, por exemplo:

- Regras e regulamentações, para preparação e execução correta das atividades;
- Assessoria por meio de consultores externos, para verificação ou orientação no uso de matérias-primas para uma atividade e para construção dos componentes;
- Componentes para produção das partes de um sistema;
- Partes de uma unidade, a serem montadas/conectadas em um sistema maior;
- Ferramentas e equipamentos, para montagem, instalação e manutenção dos sistemas;
- Literatura técnica, para auxílio no projeto e nos cálculos;
- Procedimentos, para montagem de componentes ou execução de ações críticas.

Independentemente do elemento que está sendo considerado, é adequado identificar claramente todos os fluxos de entradas e também designar responsabilidades às pessoas específicas. Por fim, esse conceito auxilia a manter um bom nível de qualidade dos fluxos de entradas, que se traduzem em um melhor nível de segurança, ajudando também a acompanhar e resolver problemas que possam se manifestar em um estágio posterior.

Em geral, certifique-se de que todos os fluxos de entradas sejam sistematicamente identificados e documentados. Para cada um, é preciso definir especificações ou outros critérios de desempenho, para verificar se os critérios são atendidos e, em caso negativo, como tratar esses problemas ou erros.

Em caso de mudança ou modificações da atividade, revise os critérios com frequência para cada um dos fluxos de entradas. Essa revisão pode incluir verificações de procedimentos de compra, introduzir na empresa a necessidade dos fornecedores possuírem sistemas de qualidade certificados ou auditados pela empresa, introduzir procedimentos de verificação para ações críticas ou meios alternativos de avaliação da documentação de entrada.

Por último, para todos os fluxos de entradas deverá existir um sistema já implantado para garantir sua rastreabilidade, cobrindo, por exemplo, histórico, aplicação e local para onde o equipamento foi enviado. A rastreabilidade deverá fornecer informações completas sobre todos os passos por quais cada elemento de entrada passará em estágios posteriores.

## 2.3 TESTES

Os testes abrangem uma ampla gama de disciplinas e podem incluir testes de:

- Projetos, desenvolvimento de conceitos, metodologias, entre outros;
- Equipamentos para fabricação ou produção, processos ou sistemas de emergência, entre outros;
- Materiais, componentes, aparelhos, montagem parcial ou total ou instalações, entre outros;
- Procedimentos de manutenção, reparos realizados, entre outros.

A norma comum aplicável na maioria dos casos é a EN 378 "Refrigerating systems and heat pumps. Safety and environmental requirements. Design, construction, testing, marking and documentation".

O teste pode ser físico, no caso de componentes ou equipamentos, ou pode ser realmente conceitual ou teórico, no caso de procedimentos ou operações. Em todos os casos, é essencial identificar claramente o que será testado, o método de teste e os critérios de aprovação (ou reprovação) no teste.

Todos os requisitos de teste deverão ser sistematicamente documentados e executados de forma precisa e baseado na documentação, ou seja, um plano de teste formal será sempre necessário.

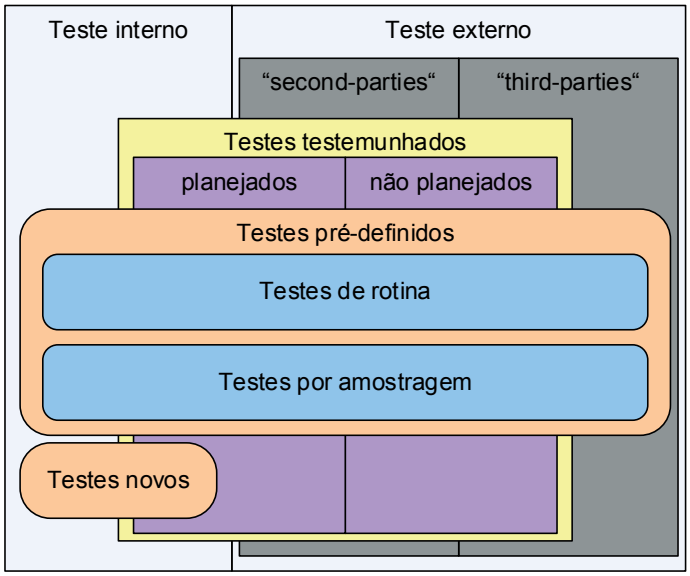
A Figura 12 indica os tipos mais comuns de testes e onde são executados. Nesse caso, três tipos poderão existir: os testes executados internamente na organização, aqueles executados em algum outro local, porém acompanhados pessoalmente pelas partes interessadas ou aqueles conduzidos externamente à organização. Os testes externos podem ser testes realizados por "organizações externas" (ou seja, executados por uma organização separada, mas que tenha algum interesse, como um cliente) ou testes terceirizados (ou seja, executados por uma organização totalmente independente e normalmente contratada).

Os testes mais frequentes ou testes de rotina, normalmente são executados pela organização como parte de um processo de produção, instalação ou manutenção. E apesar de esses testes serem normalmente executados internamente na organização, eles são algumas vezes acompanhados pessoalmente para assegurar que a prática não se desvie da previsão. Por exemplo, pode ser um teste de vazamento, pressão, teste de segurança, entre outros. Testes por amostragem também são normalmente executados internamente, mas podem também ser acompanhados pessoalmente ou executados externamente. Esse teste é normalmente mais rigoroso e é aplicado sobre algum elemento já submetido normalmente a testes de rotina, de modo a verificar se um suposto nível mais alto de segurança ainda é necessário ao projeto ou processo. Os exemplos incluem testes destrutivos sob alta pressão ou observação do comportamento de um item em situação de incêndio.

Por fim, nos casos em que um problema não usual deverá ser tratado e não existe nenhum procedimento de teste específico nas normas ou em outras orientações que devem por outro lado ser seguidas, métodos de teste totalmente novos "novel testing" precisam ser concebidos. Um exemplo desse caso pode surgir durante o desenvolvimento de um novo tipo de dispositivo de segurança ou onde ocorre um conjunto não previsto de circunstâncias até esse momento. No caso de métodos não padronizados, os procedimentos deverão ser adequados e totalmente documentados. Instruções, normas, procedimentos por escrito, formulários, "check list" e dados de referência deverão estar atualizados e facilmente disponíveis.

Os testes de componentes são importantes, assim como o teste do sistema/aparelho completo. Para a manutenção segura dos aparelhos, não é somente importante que os componentes atendam às normas de segurança, pois a infraestrutura de testes dos produtos (componentes) também é importante porque faz parte de qualquer produto ou serviço de refrigeração. Ela se baseia em inúmeros elementos estruturais, como maquinário, força de trabalho, gerentes/inspetores de qualidade, engenheiros técnicos e outros.

Figura 12: Tipos mais comuns de testes e onde eles são executados




Sempre que um regime de teste é implantado, ele deverá ser documentado de modo abrangente. Isto deverá incluir:

- Instruções para planejamento dos testes;
- Normas relevantes;
- Esquema de amostragem;
- Locais de testes;
- Preparação das instalações de teste;
- Procedimentos operacionais;
- Profissional aprovado;
- Presença de acompanhamento pessoal, se aplicável;
- Aquisição e armazenamento de dados;
- Técnica(s) para análise de resultados;
- Formato de relatórios;
- Canais de distribuição dos relatórios de teste.

Um item importante relativo aos testes de segurança é a competência do profissional que executa a inspeção do sistema. Os operadores do sistema deverão estar convencidos de que os técnicos que projetam, ou trabalham no sistema, atendem aos níveis necessários de competência aplicáveis às atividades de trabalho que estão sendo consideradas.

Os testes mais comuns para sistemas e equipamentos de RAC incluem testes de rotina dos componentes e unidades, que normalmente são:

- Teste de resistência (pressão) de componentes e unidades;
- Teste de estanqueidade (vazamento) de componentes e unidades;
- Teste de vácuo de componentes e unidades;

- Testes de funcionamento dos equipamentos e conjunto de componentes, por exemplo, do funcionamento dos dispositivos que atuam por pressão ou do funcionamento dos sistemas de ventilação de emergência;
- Testes de simulação de vazamento nas unidades para identificar se há acúmulo de fluido frigorífico em algum local do equipamento proporcionando risco de explosão.

Descrições apropriadas desses testes são normalmente encontradas nas normas de segurança relevantes que tratam de componentes, sistemas e equipamentos associados à RAC.

**CERTIFICAÇÃO DE INSTITUIÇÕES QUE REALIZAM TESTE**

A Norma ISO/IEC 17025: 2005 é a principal norma utilizada por laboratórios de teste e calibração. Essa norma especifica os requisitos gerais relacionados à competência para a execução de testes e/ou calibrações, incluindo amostragem. Ela aborda testes e calibrações executados utilizando métodos padronizados, métodos não padronizados e métodos desenvolvidos em laboratório. Portanto, ela se aplica a todas as organizações que executam testes e/ou calibrações. Elas também incluem, por exemplo, laboratórios de primeiro, segundo ou terceiro nível de terceirização e laboratórios onde os testes e/ou as calibrações fazem parte da inspeção e certificação dos produtos. A ISO/IEC 17025 se aplica a todos os laboratórios, independentemente do número de pessoas ou abrangência do escopo das atividades de teste e/ou calibração. Quando um laboratório não se envolve em uma ou mais das atividades cobertas pela ISO/IEC 17025, como amostragem e projeto/desenvolvimento de novos métodos, os requisitos dessas cláusulas não se aplicam. A ISO/IEC 17025 se destina a utilização pelos laboratórios no desenvolvimento de seu sistema de gestão de qualidade e das operações administrativas e técnicas.

Clientes do laboratório, agências reguladoras e organismos de acreditação também podem utilizá-la na confirmação ou no reconhecimento da competência dos laboratórios. A ISO/IEC 17025 não foi feita com a intenção de ser utilizada como base de certificação dos laboratórios, pois a conformidade com os requisitos regulamentares e de segurança na operação dos laboratórios não é coberta pela ISO/IEC 17025.

# 2.4 INSPEÇÕES

## 2.4.1 Introdução

A inspeção se refere a um processo físico de observações e registro do estado de um determinado produto, unidade, instalação, serviço ou algum outro processo específico. As inspeções podem ser aplicadas em praticamente todas as atividades e itens, como:

- Procedimentos do departamento de projeto;
- Conceitos de projetos específicos;
- Metodologias de trabalho ou avaliação;
- Estrutura do local de fabricação, armazenagem ou da oficina;
- Componentes, aparelhos, unidades completas ou instalações;
- Instalação ou outro trabalho local pelos técnicos;
- Capacitação de pessoas específicas.

Mais uma vez, a norma aplicada na maioria dos casos é a EN 378, enquanto que a norma específica para definir as competências do profissional é a EN 13313 "Refrigerating systems and heat pumps – Competence of personnel – Complementary element".

Normalmente é requerido que uma pessoa verifique se o equipamento atende a uma especificação existente ou a um conjunto de exigências ou, baseado na opinião do profissional, as exigências gerais. Pode ser necessário para fins de conformidade com uma norma ou regulamentação, para apoiar certificações, para fins internos ou para um cliente.

As inspeções podem ser executadas por um profissional contratado pela organização, denominado "second-parties" (isto é, uma organização com um grande interesse nas operações, como um cliente), ou por alguma organização neutra "third-parties" (terceiros). No caso de operações de maior escala, pode ser benéfico garantir que as inspeções ocorram desde o início de um projeto, para evitar problemas onerosos desde o começo. Se inspeções terceirizadas estão sendo utilizadas, é importante utilizar empresas certificadas com treinamento e equipamentos que possam garantir um bom padrão de serviço, e serviços de suporte que podem variar do planejamento à operação e geração de relatórios. Dependendo da aplicação, as inspeções podem ser pontuais, iniciais ou periódicas, cujos períodos podem variar de um semestre a doze anos.

### 2.4.2 Utilização de serviços de inspeção terceirizados

Particularmente quando novas tecnologias, como os fluidos frigoríficos HCs, são adotadas, é interessante usar serviços de inspeção terceirizados os quais podem oferecer às empresas uma gama de serviços e experiência relevantes. As inspeções dessas organizações ajudam o fabricante, o instalador ou o técnico de sistemas de refrigeração a garantir que o nível de qualidade e segurança esteja conforme o planejado. Desse modo, o envolvimento de um terceiro permite que essas empresas conduzam atividades de projeto, teste, produção, instalação e teste de campo realizando-as em conformidade com as regras e normas relevantes, bem como garantindo que elas atendam às características e especificações exigidas pelo cliente, sem influência de pressões internas ou outras pressões comerciais. A orientação independente também pode ser oferecida em termos de escolha de materiais, fluidos frigoríficos, equipamentos, atendendo prazos e obtendo transparência para cada passo da atividade aplicável.

As necessidades de conhecimento de uma empresa quando ela desenvolve um novo aparelho/modelo, ou quando executa uma instalação no local, variam conforme o país. Cada país tem diferentes exigências e necessidades. As empresas podem ter que obter aprovação em termos de cumprimento apropriado das normas e/ou regulamentações. As empresas terceirizadas oferecem sua especialização e conhecimento de todos os aparelhos/unidades usadas no setor de RAC. As inspeções incluem testes quando o sistema de refrigeração com fluido frigorífico HCs é utilizado – sendo denominados de monitoramento ou supervisão do procedimento de partida. Esses testes são conduzidos visando a conformidade com as regras e normas, bem como para garantir que as empresas atendem às características e especificações exigidas pelo cliente. De acordo com as leis nacionais no país correspondente, um envolvimento de terceiros pode ser necessário. Eles também determinarão exatamente o que um fabricante de um novo aparelho/modelo precisa preparar de acordo com as regulamentações nacionais ou regionais.

Independentemente do que o organismo de inspeção esta fazendo, é importante que ele siga a norma ISO/IEC 17020, que é a norma internacional de critérios gerais para a operação de vários tipos de organizações que executam inspeções.

### 2.4.3 Funcionamento de um organismo de inspeção

O organismo de inspeção é a organização cuja equipe é responsável pela execução da inspeção. Para manter independência, esse organismo não deverá ser o projetista, fabricante, fornecedor, instalador, comprador, proprietário, usuário ou a empresa de manutenção dos itens a serem inspecionados, e também não deverá ser representante autorizado de qualquer uma dessas partes. Da mesma forma, o organismo de inspeção e sua equipe não poderá se envolver em nenhuma atividade que possa conflitar com sua independência de

avaliação e integridade em relação às suas atividades de inspeção. Ele não poderá estar envolvido diretamente no projeto, fabricação, fornecimento, instalação, uso ou manutenção dos itens inspecionados, ou itens concorrentes similares.

Normalmente, todas as partes interessadas terão acesso aos serviços de um organismo de inspeção. Os procedimentos sob os quais o organismo opera deverão ser administrados de forma não discriminatória, na qual existe uma clara separação das responsabilidades da equipe de inspeção e das responsabilidades de outras equipes de funcionários que exercem outras funções (as quais são estabelecidas por meio da identificação organizacional e dos métodos de reporte do organismo de inspeção para a matriz da mesma organização). Da mesma forma, o organismo de inspeção deverá oferecer proteções dentro da organização para garantir segregação adequada de responsabilidades e obrigações na prestação de serviços de inspeção por meio de procedimentos organizacionais e/ou documentados.

Por fim, espera-se que um organismo de inspeção participe em um intercâmbio de experiências com outros organismos similares e nos processos de padronização, conforme apropriado. Os requisitos técnicos diferem entre os países, a filosofia de segurança não é a mesma em todos eles e a abrangência da inspeção não é sempre igual. Portanto, é importante que as organizações empreguem o conceito apropriado para cada região.

### 2.4.4 Aspectos práticos das inspeções

Em termos de utilização dos HCs em sistemas de RAC, é importante que uma inspeção aborde as verificações de aspectos críticos à segurança para garantir a operação segura dos equipamentos e a proteção dos trabalhadores. Essas verificações deverão ser executadas para garantir que todos os itens atendem às normas e regulamentações de segurança apropriadas. Da mesma forma, é necessário verificar se os procedimentos corretos foram seguidos, por exemplo, os procedimentos de teste, procedimentos de aprovação, marcação, fornecimento de certificados de teste, manuais de operação, projetos e planos da instalação e disponibilidade e localização de registros de manutenção. A inspeção de qualquer equipamento ou instalação deverá incluir as verificações a seguir, que deverão ser consideradas pela pessoa competente:

- Documentação relativa a equipamentos sob pressão e áreas perigosas;
- Dispositivos e equipamentos de segurança;
- Registro dos testes de estanqueidade, resistência e todos os outros testes relevantes;
- Inspeção visual;
- Verificação e marcação;
- Documentação dos componentes;
- Preenchimento de todos os documentos e certificados legais necessários.

Uma lista mais abrangente de verificações específicas de HC é fornecida nas partes finais do manual.

Algumas medidas de comunicação também devem ser tomadas:

- Identificar as pessoas-chave e suas responsabilidades;
- Organizar os compromissos com as partes pertinentes;
- Notificar apropriadamente o profissional pertinente sobre o método de operação do equipamento;
- Elaborar relatório sobre a condição dos componentes, unidades ou peças dos equipamentos;
- Decidir em relação ao reparo ou troca de uma ou mais peças;
- Discutir e assessorar as partes pertinentes sobre as questões de segurança que devem ser aplicadas, planejamento de manutenção e questões ambientais;

- Tratar de todas as preocupações, divergências e reclamações;
- Discutir e assessorar as partes pertinentes sobre os procedimentos de trabalho;
- Explicar conteúdo de todos os relatórios às partes pertinentes.

Todas as inspeções deverão ser documentadas e nenhum sistema ou equipamento poderá ser colocado em operação, exceto se estiver documentado.

## 2.5 MONITORAMENTO

O monitoramento é essencialmente o registro dos dados de vários processos, como a qualidade dos fluxos de entradas, resultados dos testes, informações das inspeções, observações de campo, relatórios externos, entre outros. Os dados acumulados são submetidos à avaliação contínua para a identificação de problemas, erros não previstos, determinadas tendências, entre outros, que serão então utilizados para o desenvolvimento de medidas corretivas e/ou preventivas, conforme apropriado.

Em geral, qualquer atividade pode ser monitorada, como a construção, montagem e instalação de um sistema, atividades de serviço ou manutenção e condução de testes e inspeções relevantes. Uma organização também poderá conduzir testes de desempenho, tipo e segurança de componentes de refrigeração, análises de falhas, avaliação de riscos, testes de protótipo e produto (obviamente, essas organizações também podem oferecer serviços não relacionados à segurança).

Os tipos de informações que deverão ser integradas a um sistema de monitoramento podem incluir informações associadas aos funcionários, equipamentos e processos:

- Identificação das habilidades e experiências necessárias para condução de determinadas atividades;
- Organizar os funcionários e envolvê-los com uma determinada atividade e suas funções específicas;
- Qualificação das pessoas executando atividades específicas, por exemplo, educação, registros de treinamento, descrições de cargos, habilidades e experiências;
- Treinamentos regulares e avançados de conscientização;
- Listas de equipamentos e componentes fornecidos, critérios de seleção e ocorrências quando os requisitos de compra não foram atendidos;
- Recebimento de componentes ou equipamentos com falha (ou incorretos) e ações subsequentes;
- Procedimentos de trabalho necessários para uma determinada atividade e quando eles devem ser executados (ou não);
- Resultado dos testes ou inspeções;
- Como as recomendações e os problemas foram tratados;
- Documentação da conformidade com os critérios relevantes;
- Desvio nos processos ou procedimentos, motivos e ações alternativas.

Da mesma forma, existe uma necessidade de desenvolvimento de meios adequados para essa integração, como folhas de relatório padronizadas, coleta eletrônica de dados, etc.

Em termos de monitoramento da confiabilidade de fornecedores e seus componentes, se os fornecedores não têm componentes certificados no programa, é necessário que o comprador execute auditorias regulares com o fabricante e examine as especificações/características fornecidas pelo fabricante. Em qualquer caso, é necessário que os fabricantes concordem com um procedimento de aprovação dos componentes e aparelhos de refrigeração. Documentos deverão ser fornecidos em conjunto com a quantidade solicitada de

amostras para fins de avaliação e testes. Se necessário, uma análise do "pior caso" da linha de produtos em conjunto com um esboço do plano de teste poderão ser preparados.

Essa análise é avaliada em uma "revisão do pior caso". Onde existe um produto único, essa reunião pode ser simplesmente uma troca de documentos. Onde alguns produtos derivam de um projeto básico, eles serão avaliados para identificar uma versão de pior caso para testes de modo a limitar o volume de trabalho de teste a ser executado. Uma avaliação de pior caso documentada é produzida para o organismo de aprovação como um registro do acordo. O plano de testes é finalizado e os testes são conduzidos nos produtos de amostra, com acompanhamento pessoal no local do trabalho de teste conforme a necessidade.

## 2.6 FEEDBACK E AÇÃO PREVENTIVA/CORRETIVA

Este é o processo de transferência de constatações e outras informações relacionadas ao monitoramento e à análise dos dados dos processos em questão. A ação corretiva é aquela necessária para a eliminação da causa de uma não conformidade detectada ou outra situação inesperada, sendo que a ação preventiva tem o objetivo de eliminar o potencial de não conformidade. Por exemplo, uma mudança de especificação de uma válvula, um aprimoramento no método de teste de vazamento, um melhor procedimento de solda (brasagem) ou uma melhoria na manutenção de componentes elétricos, que é feita no local onde o equipamento está instalado. Também é importante considerar o monitoramento e o feedback de equipamentos em funcionamento, normalmente em termos de testes de segurança, testes de qualidade para marcação/etiquetagem, entre outros.

Os exemplos dos tipos de informações utilizadas como feedback podem incluir diferentes aspectos, conforme discutido abaixo, e também os diferentes tipos de ações corretivas que podem ser considerados.

(i) Componentes individuais e subconjuntos pré-montados os quais não são confiáveis, por exemplo, como indicado por:

- Falhas frequentes durante testes de rotina ou por amostragem;
- Reclamações frequentes dos técnicos de manutenção para troca de peças;
- Ocorrência de taxas de vazamento acima da média;
- Necessidade de recalibração de sistemas de detecção de gases.

Nesses casos, as ações reparadoras podem incluir uma troca de informações com os fornecedores, verificação das orientações de instalação e ajuste, escolha de fornecedores alternativos ou revisão das especificações de compras.

(ii) Determinados sistemas com desempenho inadequado, por exemplo, conforme indicado por:

- Tendência de falha em um curto período de tempo;
- Desarme anormais dos dispositivos de segurança;
- Atuações intermitentes dos dispositivos de alívio de pressão;
- Teste de funcionamento com problema.

(iii) Técnicos que realizam serviço de baixa qualidade, por exemplo, conforme indicado por:

- Baixa confiabilidade dos equipamentos que passam por manutenção;
- Problema de qualidade observado baseado na inspeção do equipamento após a realização do serviço do técnico;

- Visitas de serviço com alta frequência para o reparo de vazamentos;
- Componentes elétricos deixados em condição inadequada.

Nesses casos, as ações necessárias para solucionar os problemas podem ser a verificação da competência dos técnicos, o fornecimento de treinamento extra, a revisão das instruções de trabalho ou fornecimento de ferramentas de serviço de melhor qualidade.

(iv) Procedimentos que resultam em resultados insatisfatórios, por exemplo, como indicado por:

- Resultados inconsistentes de testes;
- Equipamentos ou instalações fornecidos sem marcações ou manuais apropriados;
- Reclamações frequentes dos usuários finais ou operadores de sistemas em relação a assuntos básicos ou rotineiros;
- Reclamações dos usuários finais ou operadores de sistemas em função da ausência de respostas a questões críticas à segurança;
- Nesses casos, as ações necessárias para solucionar os problemas podem ser uma revisão dos procedimentos de testes abordando os procedimentos relacionados ao "checklist" do produto final, melhorias nos canais de comunicação interna ou atribuição de responsabilidades claramente definidas a cada pessoa. Por outro lado, também é recomendável registrar e fornecer feedback de informações positivas. Esse tipo de feedback também é benéfico, pois ele pode contribuir para a identificação de outros métodos de melhoria dos processos ou equipamentos.

Para garantir a maximização dos benefícios do feedback, diferentes meios de comunicação deverão ser estabelecidos. Isso requer que cada ação ou subatividade seja identificada e que os dados ou a documentação, recebidos pelo exercício de monitoramento, sejam encaminhados de volta aos departamentos ou às pessoas pertinentes, que podem agir em função das informações. Onde for possível, as estruturas formalizadas deverão ser desenvolvidas, nas quais revisões regulares serão estabelecidas para análise das informações e tomada de decisão em relação às medidas corretivas e preventivas, como apropriado.

## 2.7 ACREDITAÇÃO E CERTIFICAÇÃO

A acreditação é o procedimento pelo qual um organismo competente reconhece formalmente que uma organização ou pessoa é competente para executar tarefas específicas. Ela constitui essencialmente um reconhecimento formal da competência técnica, bem como da conformidade com um sistema de gestão de qualidade. Duas características se encontram no cerne da acreditação: o princípio de revisão externa, com a condução de auditorias externas regulares por um organismo independente, e o cumprimento dos requisitos normativos, como ISO 17025 (requisitos gerais de competência de laboratórios de testes e calibração). Subsequentemente, a certificação é o procedimento pelo qual uma organização terceirizada garante a por escrito de que um produto, processo ou serviço é compatível com requisitos específicos.

A acreditação e a certificação podem ser aplicadas a todos os itens que devem atender a um conjunto específico de requisitos, por exemplo, componentes, unidades, instalações, procedimentos ou funcionários. A acreditação e certificação devem ser aplicadas em:

- Equipamentos como componentes, unidades e instalações, que são conduzidas normalmente de acordo com os requisitos de regulamentações e normas, apesar de também poderem ser executadas de acordo com especificações internas;
- Procedimentos, no qual podem ser conduzidas em relação ao atendimento de alguns critérios estabelecidos em normas, regulamentações ou algumas outras orientações adotadas;

- Funcionários, no qual podem ser conduzidas de várias formas, como com base no resultado de uma avaliação prática e/ou baseada em teoria, ou ainda de acordo com o histórico de experiência e informações básicas.

Com frequência, a acreditação e a certificação exigem a execução de procedimentos de verificação, onde a confirmação é obtida por meio do fornecimento de evidências objetivas, no sentido de que os requisitos especificados foram atendidos. Essa verificação pode ocorrer por meio de inspeções diretas dos processos e testes de produção, ou auditoria dos procedimentos utilizados nos processos e testes de produção. Nesses casos, os auditores dos organismos de acreditação podem participar pessoalmente em auditorias dentro das instalações da empresa ou de sua subcontratada, se necessário. Além disso, uma organização terceirizada poderá conduzir testes em seu próprio laboratório ou externamente.

Se um mesmo produto é fabricado em várias fábricas com diferentes qualificações (por exemplo, usando componentes diferentes locais), o nível de qualificação da respectiva fábrica somente poderá ser utilizado se houver uma identificação diferente atribuída aos modelos. Caso contrário, somente o nível de qualificação aplicável a todas as fábricas poderá ser utilizado para fins de publicidade.

Uma vez que uma certificação de um determinado produto é fornecida a uma pessoa ou organização, as pessoas que possuem essa certificação deverão monitorar constantemente os processos, procedimentos ou pessoas que receberam a concessão da marca para garantir conformidade continuada com os requisitos. Isso inclui a realização das inspeções e testes especificados, documentação de todas as reclamações relacionadas a produtos certificados e a correção de não conformidades. Com frequência, o organismo de certificação deverá ser imediatamente notificado sobre quaisquer mudanças nos produtos após a certificação. Se o certificado em questão for mantido, o organismo de certificação poderá solicitar que o fabricante comprove o cumprimento dos códigos de prática ou a execução de um teste ou inspeção adicional. Para garantir a manutenção das características do produto no qual um certificado se baseia, o organismo de certificação poderá inspecionar regularmente as fábricas e testes, bem como as medidas para manter a garantia de qualidade. Nesses casos, o titular deverá garantir que o organismo de certificação possa inspecionar as fábricas, os estabelecimentos comerciais e os depósitos listados no certificado.

A certificação é normalmente manifestada por meio de marcação do produto. Se o organismo terceirizado determina que os requisitos são atendidos, a organização poderá aplicar a marcação no produto.[12] Em alguns casos, o fabricante recebe permissão para usar essa marca por sua própria responsabilidade. Os organismos notificados emitirão certificados de aprovação para cada unidade e poderão conduzir auditorias de fabricação e qualidade, de modo a verificar a conformidade com todos os requisitos normativos necessários. Em seguida, o fabricante fica autorizado a aplicar a marcação (com o número do organismo notificado).

Com frequência, o processo de certificação requer que o organismo de certificação avalie os documentos enviados pelos profissionais que realizam os testes ou auditores. Com base nessa avaliação, ele decide se um certificado poderá ser emitido ou não. Em caso de divergências relativas à certificação, elas poderão ser resolvidas por meio dos procedimentos estabelecidos para reclamações. Geralmente, certificados em geral, certificados de conformidade, certificados de testes, entre outros, se baseiam na versão da regulamentação, diretiva ou norma pertinente em vigor na data de emissão do certificado. Esses certificados não dão ao seu detentor o direito de utilizar uma marca de certificação do organismo notificado. Todas as marcações eventualmente necessárias ficam sob responsabilidade das pessoas indicadas na regulamentação, diretiva ou norma pertinente.

12 Se o produto está sendo colocado no mercado da União Europeia, essa marcação poderá ser a Marca CE, de modo que em outras regiões, outras formas de marcação poderão ser apropriadas.

**MARCAÇÃO "CE" NA EUROPA**

Por exemplo, na Europa os sistemas e componentes de refrigeração colocados no mercado portam a marcação "CE" (Conformidade Europeia) assinada pelos fabricantes. Ela comprova que um produto atende aos requisitos de segurança e saúde do consumidor e de meio ambiente da União Europeia (UE). Um organismo notificado poderá ser envolvido, em caso de vasos e tubulações, na fase de projeto, produção ou ambas e a marcação CE deverá ter em seguida de suas letras o número de identificação do organismo notificado*. A marca CE é uma declaração visível do fabricante (ou de seu representante, importador, etc.) no sentido de que o equipamento é compatível com os requisitos de todas as diretivas aplicáveis. Ela permite que fabricantes e exportadores circulem produtos livremente pelos 15 países membros da União Europeia (UE). Uma vez garantido que o equipamento realmente atende a todos esses requisitos (incluindo todos os requisitos administrativos envolvidos na comprovação da conformidade), a marca CE poderá então ser afixada no produto lançado. As letras "CE" indicam que o fabricante executou todos os procedimentos de avaliação necessários para o produto. A marcação CE não é uma marca de qualidade, ela indica a conformidade com os requisitos legais das diretivas UE e suas normas.

*Por exemplo, o número de referência 36 (CE-36) da TÜV SÜD.

# PARTE 3: TREINAMENTO

## 3.1 INTRODUÇÃO AO TREINAMENTO

### 3.1.1 Significado do treinamento

Em geral, se não construídos, operados ou mantidos apropriadamente, os sistemas de RAC podem apresentar um perigo à saúde e segurança das pessoas e causar danos ao meio ambiente. Apesar dos fluidos frigoríficos HCs apresentarem características muito boas, cada operação técnica requer considerações em termos da segurança de trabalhadores e usuários, incluindo o descarte apropriado dos contaminantes e outros resíduos em geral. Práticas e recomendações de segurança são fornecidas e explicadas detalhadamente nessa Seção, porém as orientações dos fabricantes dos equipamentos deverão ser seguidas. Qualquer pessoa envolvida com qualquer tipo de serviço relacionado a um circuito de fluido frigorífico, incluindo qualquer tipo de contato com o fluido dentro do sistema por meio de ferramentas usadas pelos técnicos de refrigeração, deverá ter um certificado válido de uma organização de treinamento aprovada. Esse conceito geral é importante na utilização de HCs, mas deverá também considerar todos os fluidos frigoríficos utilizados.

O número de empresas envolvidas na instalação, serviço e manutenção de um sistema de refrigeração e ar condicionado é muito grande. Nos países do Artigo 5, a maioria dessas empresas é de pequeno porte e operadas pelo proprietário da empresa, podendo incluir muitos técnicos sem um treinamento formal em refrigeração e ar condicionado. Além disso, em geral, essas empresas e técnicos não podem normalmente arcar com o investimento em cursos de treinamento e equipamentos de serviço confiáveis. Os custos de mão de obra são muito mais baixos do que os custos dos equipamentos. Para atender às demandas do cliente, aparelhos, equipamentos do sistema e peças sobressalentes são adquiridos, em muitos casos, nos mercados locais de segunda mão (peças e componentes usados). Até recentemente na Europa, componentes de aparelhos e sistemas refrigerados sucateados e descartados seguiam esse mesmo caminho, conforme feito nos países A5. Somente algumas empresas de maior porte e mais profissionais e os distribuidores locais têm acesso a equipamentos de fabricantes internacionais.

Com isso, os sistemas de refrigeração, aparelhos e condicionadores de ar existentes são mantidos em operação além do limite de sua vida útil econômica, resultando em maior demanda de manutenção, reparos e maior consumo de energia. A utilização inteligente, adequada e segura de fluidos frigoríficos HCs pode facilitar a mudança nas tecnologias de RAC para obtenção de proteção ambiental, economia de energia e normas viáveis. Entretanto, as autoridades nacionais deverão oferecer suporte às atividades em questão, de modo a tornar o treinamento e a certificação acessíveis aos técnicos de campo e a todas as partes envolvidas. Se o treinamento for bem implementado, ele poderá levar intencionalmente a uma concorrência econômica de alto nível, com benefícios para a infraestrutura do país.

As pessoas que deverão ser treinadas são aquelas envolvidas com aparelhos e sistemas de HCs– desde sua concepção até sua destruição – que precisam desenvolver conhecimentos e habilidades na aplicação das boas práticas, incluindo esquemas de avaliação estratégica de riscos na conversão dos sistemas para uso dos fluidos frigoríficos HCs. Isso implica em atividades de treinamento em termos de teoria e prática. O escopo do treinamento está relacionado às responsabilidades de trabalho efetivo: dos empregadores das construtoras dos fabricantes em suas linhas de montagem, das empresas de instalação ou dos proprietários das oficinas de refrigeração, além de técnicos e engenheiros de manutenção.

### 3.1.2 Reconhecimento da importância do treinamento

O aperfeiçoamento dos conhecimentos e habilidades dos técnicos e demais profissionais é a melhor forma para mudar a situação atual. Em alguns casos, nos quais existe uma formação profissionalizante estruturada de RAC, tecnologias novas ou avançadas deverão ser adotadas. As lições aprendidas das atividades anteriormente conduzidas na Europa demonstram que níveis melhorados de treinamento e métodos de trabalho geralmente reduzem, significativamente, as taxas de vazamento e a quantidade de falhas em sistemas de RAC. A avaliação do Fundo Multilateral (FML) dos Planos de Gerenciamento de Eliminação dos HCFCs (HPMP) observa que a introdução de boas práticas nos serviços de RAC tem sido o fator mais importante para a redução do consumo de fluidos frigoríficos SDOs e das emissões nos países em desenvolvimento. Em geral, e possível afirmar que o bom treinamento, a boa capacitação, é um diferencial competitivo.

Em breve, os usuários finais saberão onde obter alta qualidade e confiabilidade de sistemas/aparelhos sob condições razoáveis. A ciência desses fatos permite que percebamos que o treinamento é geralmente impulsionado pelas necessidades de negócios. Isso conta mais do que nunca em casos em que os desafios e as obrigações ambientais levam as empresas a mudanças. Aumentar a conscientização desses fatores é um importante instrumento de condução para forçar setores e empresas a manter treinamentos específicos dos funcionários envolvidos.

Seguem abaixo algumas necessidades de negócios identificadas:

- Atender à obrigação dos países (e comunidades globais) de proteger o meio ambiente;
- Fornecer um ambiente de trabalho seguro e cumprir os compromissos com os clientes e a sociedade para o manuseio de fluidos frigoríficos com o devido cuidado com as pessoas e os equipamentos;
- Manter-se atualizado em relação às novas tecnologias, novos fluidos frigoríficos e novas legislações que estão conduzindo as mudanças no setor;
- Melhorar o coeficiente de performance (COP) dos sistemas e aparelhos de RAC;
- Melhorar os níveis de serviço para diferenciar os serviços de uma empresa em relação aos seus concorrentes, criar barreiras de entrada e aumentar o valor cobrado pelos serviços e as margens do negócio;
- Promover normas no setor de RAC para evitar “técnicos aventureiros”;
- Ampliar a base de emprego fornecendo rotas alternativas de entrada no setor de trabalhadores veteranos que não estão preparados para assumir um aprendizado;
- Reduzir o tempo gasto na fabricação, instalação, comissionamento, manutenção e reparos de sistemas e aparelhos de modo a melhorar a eficiência econômica;
- Aprimorar as normas de manutenção de modo a reduzir o custo de substituição de peças e o número de chamados nos contratos de manutenção;
- Atender aos requisitos cada vez mais sofisticados de distribuição, projeto, construção, fabricação, instalação, serviço e manutenção;
- Reduzir custos de seguros diminuindo a exposição a ações de responsabilização sob (a) legislação de saúde e segurança, (b) legislação ambiental, (c) deterioração dos produtos;
- Concorrer na região da Europa, onde as normas do setor são mais rigorosas e o fornecimento de treinamento é mais avançado.

Os eventos de treinamento e relacionamento deverão ser planejados para atender a essas necessidades.

**EDUCAÇÃO PROFISSIONALIZANTE E OUTROS TREINAMENTOS PRÁTICOS NA ALEMANHA**

O setor de especialização prática é o 1º colocado na Alemanha em termos de serviços de treinamento. Seu sistema de duplo treinamento se baseia no nível de empresa / VETC*. Ele combina trabalho prático e aprendizado dentro da empresa, com educação teórica (e sessões práticas unificadas), durante o treinamento, em uma escola profissionalizante. O treinamento termina com o exame do profissional habilitado após aproximadamente 3 anos, sob autoridade dos sindicatos. Cada profissional habilitado pode receber treinamento adicional e participar do exame de técnico especialista (mestre). Esse exame é o grau máximo de qualificação do técnico especialista e autoriza a pessoa a gerenciar empreendimentos de RAC e treinar aprendizes.

*"Vocational and educational training centres" – Centro de treinamento educacional e profissionalizante

### 3.1.3 Conceito do treinamento e certificação

Em geral, a legislação de um país deverá prescrever a certificação conforme o nível de empresa, para os engenheiros e técnicos ativos. A empresa precisa ter os equipamentos apropriados mínimos necessários para manuseio de fluidos frigoríficos e os engenheiros e técnicos deverão ter os conhecimentos e habilidades. Os certificados deverão atestar as competências de modo que os usuários dos equipamentos tenham a possibilidade de identificar se a empresa e seus funcionários podem executar o trabalho desejado.

Possibilidades adicionais de certificação de suporte das empresas e dos profissionais em nível legislativo para países A5:

- a) Somente o profissional certificado poderá manusear fluidos frigoríficos (SDOs, GEEs, HCs) e isso pode incluir uma proibição de venda de fluidos frigoríficos a pessoas não autorizadas;
- b) As empresas deverão ter um conjunto mínimo de ferramentas e equipamentos para manuseio de fluido frigorífico;
- c) Somente empresas certificadas terão a capacidade de compra de fluidos frigoríficos;
- d) Campanhas governamentais de conscientização promovendo essas certificações para determinados usuários finais e comerciais e para a cadeia de distribuição de equipamentos (distribuidores de RAC, indústrias, supermercados, hospitais, gerentes de obras do governo, entre outros.);
- e) Os proprietários dos equipamentos devem manter obrigatoriamente registros sobre o consumo de fluidos frigoríficos e a manutenção dos equipamentos de RAC contendo mais de 3 kg de fluido frigorífico;
- f) Manutenção preventiva obrigatória e detecção de vazamentos para equipamentos de RAC contendo mais de 3 kg de fluido frigorífico.

Cursos de treinamento em geral e sobre tecnologias de HC deverão ser aprovados em nível nacional pela autoridade responsável, por exemplo, Ministério da Educação. A certificação deverá ser de mesmo nível para um novo técnico, capacitado nos centros de treinamento e educação profissionalizante (VETCs), e os técnicos veteranos, que recebem essa educação avançada em HC na forma de cursos noturnos ou cursos semanais ou diários em períodos intercalados com o trabalho. Se apropriado, os cursos poderão também ser conduzidos com o mesmo conteúdo no centro de treinamento das organizações da indústria. O teste de avaliação conduzido em cada sessão de treinamento deverá refletir o progresso de aprendizagem dos participantes.

O esquema de autorização proporcionará os benefícios a seguir:

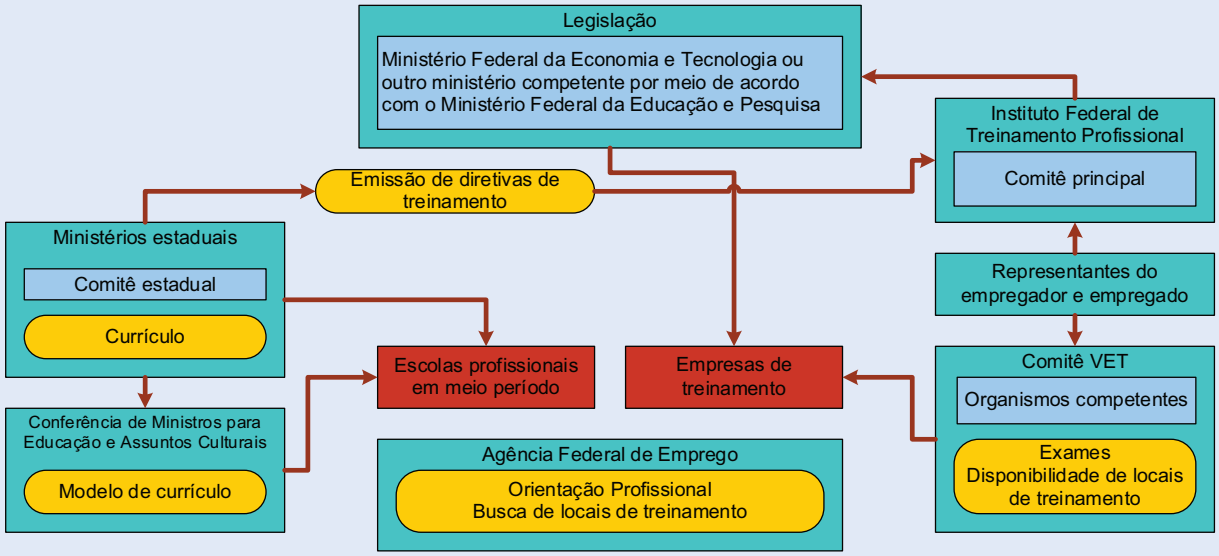
- Melhoria das normas de instalação, serviço e manutenção de equipamentos de RAC, criando maior eficiência e menor consumo de energia (emissões);

- Os equipamentos de RAC serão confiáveis e sua vida econômica será prolongada;
- Usuários finais ficariam mais satisfeitos por causa dos menores custos e da não necessidade de reparos adicionais e/ou troca precoce;
- Haveria um mercado para os técnicos bem capacitados, que aplicam boas práticas de serviços;
- Existência de um registro das empresas e técnicos competentes e informações sustentáveis sobre fluidos frigoríficos consumidos.

Ao oferecer treinamento, a importância da programação de produção dos fabricantes e das agendas de trabalho de engenheiros/técnicos deverá ser reconhecida e considerada para evitar interrupções. Essa consideração destaca a necessidade de ter, se possível, um conjunto de locais de treinamento com programações específicas e um programa de treinamento acordado e oficialmente aprovado conjuntamente.

**RESPONSABILIDADES NO CAMPO DE EDUCAÇÃO PROFISSIONALIZANTE NA ALEMANHA**

Na Alemanha, as funções do estado são compartilhadas entre o governo federal e os 16 estados. O cumprimento dessas funções é responsabilidade de cada estado, desde que a legislação básica não estabeleça nenhuma disposição ou permissão de outra forma. Cada um dos estados também é responsável pelas escolas e a educação pública e, desse modo, também das escolas profissionalizantes, a maioria das quais sob responsabilidade do estado e de uma autoridade local. Toda a legislação escolar, incluindo a escola profissionalizante, é aquela de cada estado. A Conferência Permanente de Ministros para Educação e Assuntos Culturais (KMK) é uma importante instituição trabalhando para harmonizar as políticas educacionais nos 16 estados. Uma visão geral da estrutura geral de responsabilidades no campo de treinamento profissionalizante na Alemanha é mostrada na figura abaixo.


Legislação
Ministério Federal da Economia e Tecnologia ou outro ministério competente por meio de acordo com o Ministério Federal da Educação e Pesquisa
Instituto Federal de Treinamento Profissional
Comitê principal
Emissão de diretivas de treinamento
Ministérios estaduais
Comitê estadual
Currículo
Representantes do empregador e empregado
Escolas profissionais em meio período
Empresas de treinamento
Comitê VET
Organismos competentes
Conferência de Ministros para Educação e Assuntos Culturais
Modelo de currículo
Agência Federal de Emprego
Orientação Profissional
Busca de locais de treinamento
Exames
Disponibilidade de locais de treinamento

## 3.1.4 Treinamento para técnicos de serviço em campo

O treinamento dos técnicos de serviço deverá incluir elementos teóricos e práticos. A teoria deverá incluir (mas não se limitar ao) conhecimento sobre as propriedades dos fluidos frigoríficos HCs, passos para a condução de uma avaliação de riscos detalhada e como projetar e manter um sistema de RAC sem vazamentos e com carga de fluido frigorífico minimizada e com alta eficiência.

É essencial que todos os serviços de campo sejam executados garantindo um alto nível de qualidade geral de modo a assegurar a confiabilidade de um sistema otimizado e com uma taxa de emissão mínima.

Entretanto, o foco principal deverá ser nas habilidades técnicas. Os objetivos práticos deverão refletir todas as atividades de manuseio de fluidos frigoríficos alternativos de forma segura. A instalação da tubulação e dos componentes com ênfase em modernas tecnologias de solda (brasagem) e detecção confiável de vazamentos deverá receber alta prioridade. O treinamento também deverá incluir módulos de treinamento relacionados às seleções dos componentes elétricos, instalação e conexão profissional do sistema de RAC. Na melhor situação possível, a relação entre conteúdos práticos e teóricos e o tempo gasto no treinamento deverá ser de 70% prático e 30% teórico.

# 3.2 ESTRUTURA DAS INSTALAÇÕES DO LOCAL DE TREINAMENTO

## 3.2.1 Introdução

A estrutura das instalações do local de treinamento deverá demonstrar exatamente como proporcionar um ambiente eficaz de aprendizagem, treinamento e certificação. Se possível, o local de treinamento deverá estar integrado aos centros de treinamento educacional e profissionalizante (VETCs) nacionais, onde outros cursos técnicos, como eletricistas, encanadores e metalúrgicos são oferecidos. Isso irá criar efeitos sinérgicos adicionais em termos de competência dos instrutores (brasagem, soldagem, eletrotécnicas, etc.), limitando os investimentos em equipamentos e ferramentas nos escopos específicos da categoria de RAC. Salas de aulas teóricas e locais de trabalhos práticos poderão ser utilizados conjuntamente. Em muitos casos, a infraestrutura, como explicado previamente, já poderá existir nos VETCs nacionais para o setor de RAC e os treinamentos de HCs constituirão um upgrade no conteúdo programático atual aprovado.

Uma vez aprovado o conteúdo de treinamento nacional, o VETC/faculdade deverá desenvolver os melhores programas de treinamento possíveis, seguindo a política do país e as normas técnicas necessárias em relação à clientela disponível. Se necessário, essas instituições podem ser ligadas a outras agências ou entre si para troca de conhecimentos e experiências; para fornecer recomendações para as autoridades; para desenvolver programas de treinamento, sob medida, para empresas e pessoas que precisam de mais de uma fonte de treinamento; ou ainda para criar conteúdos específicos de treinamento como, por exemplo, um treinamento interno na empresa.

As instalações de treinamento possíveis são:

- Faculdades;
- Centros de treinamento e educação profissionalizante (VETCs);
- Centros de treinamento dos sindicatos (associações) da indústria;
- Escolas privadas de treinamento (empresas);
- Centros de treinamento dos fabricantes.

Finalmente, deverá existir um comitê diretivo sobre tecnologia de RAC. Os membros poderão vir das organizações mencionadas acima. Os conselhos internos usados para definir regulamentações e trocar opiniões de interesse comum poderão formular as necessidades específicas do país e focar nas futuras tendências.

## 3.2.2 Configuração ideal do local de treinamento prático

O local de treinamento para cerca de 20 participantes deverá estar equipado com materiais didáticos de modo a enfatizar e fornecer os meios para o treinamento prático. Além disso, a área onde está localizada a sala de treinamento prático deverá ter acesso a outra sala de aula para treinamentos teóricos. Uma lista de seções e espaços de trabalho é fornecida na Tabela 4.

Tabela 4: Áreas relevantes para criação do local de treinamento de HC

| | Escopo | Mínimo necessário | Ideal |
|---|---|---|---|
| 1 | Área de trabalho prático ventilada com bancada e morsa para cada participante, de uso geral, quadro negro ou branco, tomadas | ✓ | |
| 2 | Sistema para processo de brasagem (propano / oxigênio) em cada bancada de trabalho | | ✓ |
| 3 | Estrutura próxima a bancada de trabalho para a montagem do sistema de RAC | ✓ | |
| 4 | Câmara ou caixa com isolamento na combinação 1+3 | | ✓ |
| 5 | Unidades de demonstração de refrigeração doméstica | | ✓ |
| 6 | Unidades de demonstração de refrigeração comercial | | ✓ |
| 7 | Unidades de demonstração de ar-condicionados do tipo 'split' | | ✓ |
| 8 | Unidade de demonstração de ar-condicionados móveis | | ✓ |
| 9 | Armazenamento de componentes e materiais | ✓ | |
| 10 | Sala do professor mobiliada | ✓ | |
| 11 | Sala de aula teórica para cerca de 20 participantes. Quadro negro ou quadro branco. | ✓ | |
| 12 | Laboratório de refrigeração | | ✓ |
| 13 | Oficina elétrica | | ✓ |
| 14 | Sala de aula com computadores para processamento eletrônico de dados | | ✓ |
| 15 | Oficina de soldagem e corte de metais | | ✓ |
| 16 | Banheiros F + M | | ✓ |
| 17 | Área de recreação (parcialmente fora) | ✓ | |

### 3.2.3 Ferramentas e equipamentos

O setor de RAC lida com o projeto, fabricação, instalação, serviço e manutenção de aparelhos e sistemas. Esse setor mantém treinamentos técnicos e cursos de engenharia mecânica, com certificações, desde níveis técnicos até bacharelado. Esse trabalho é realizado com um grande número de ferramentas, tanto básicas quanto específicas ao trabalho, com os equipamentos produzidos no setor.

**Ferramentas manuais básicas**

Os especialistas de RAC utilizam muitas ferramentas manuais básicas no curso da fabricação, instalação, manutenção e reparos de equipamentos. Eles utilizam ferramentas do dia a dia, como martelos, alicates e chaves de fenda, bem como outras ferramentas manuais básicas, como escala métrica dobrável, lanternas, espelhos de inspeção telescópicos e retráteis, furadeiras, chaves e níveis.

**Chaves fixa e canhão**

Os especialistas de RAC lidam com parafusos de cabeça sextavada e tubulações e precisam de ferramentas adequadas para esse fim. Chaves canhão removem e recolocam parafusos de cabeça sextavada em chapas metálicas, gabinetes e estruturas. Já as chaves fixas são utilizadas em tubulações metálicas sem rompê-las.

**Ferramentas especializadas para tubos**

Os equipamentos de RAC são equipados com tubulações que os especialistas instalam, efetuam manutenções, removem, trocam, conectam e desconectam. Eles usam ferramentas especializadas como dobradores e cortadores de tubos, conjunto de flangeadores e expansores de tubo, alargadores internos-externos, ferramentas de perfuração (alicate perfurador e lacrador esférico) para manuseio e trabalho com tubulações.

**Ferramentas especiais de medição e alicates amperímetros para corrente alternada (AC)**

Amperímetros, instrumentos de medição de resistência, tensão, temperatura e velocidade do ar são utilizados para a medição de valores elétricos e vazão de ar. Amperímetros e alicates amperímetros para corrente alternada (AC) medem a corrente elétrica sem interrupção do circuito. Os instrumentos de medição da velocidade do ar estão disponíveis como medidores, instrumentos multifuncionais e kits de verificação de ventiladores, inclusive de grande porte, e medição da pressão de ar. Termômetros (eletrônicos e analógicos) são utilizados para medir a temperatura de qualquer tipo de meio (por ex. ar, fluido frigorífico, água) e temperaturas de contato do sistema e de pontos nos aparelhos. Todos esses dispositivos utilizados garantem a eficiência do ciclo de RAC. Decibelímetros fornecem informações sobre o nível de ruído de um sistema de RAC em operação e são usados para determinar se ele está em um patamar confortável.

**Equipamentos de serviço e instalação**

Os especialistas de RAC utilizam equipamentos específicos para instalar, reparar e manter sistemas de refrigeração e ar-condicionado. Balanças digitais programáveis ajudam os técnicos a efetuar a carga precisa do fluido frigorífico com o peso adequado (muito importante nas tecnologias de HC). Detectores de vazamento de fluido frigorífico ajudam na avaliação rápida e precisa de vazamentos. Vacuômetros digitais e manômetros de mercúrio tipo tubo em U exibem os níveis de vácuo, durante a remoção dos sistemas de gases não condensáveis (GNC) e umidade. Bombas de vácuo removem GNCs, umidade e o conteúdo residual de HCs dos sistemas. Higrômetros são utilizados para a medição precisa da umidade. A utilização de nitrogênio seco sem oxigênio (OFDN) tem um papel importante nas boas práticas de RAC. Portanto, o cilindro de armazenamento de nitrogênio e os reguladores de pressão são itens "obrigatórios" para todos os especialistas.

**Equipamentos de manuseio e identificação/análise de fluidos frigoríficos**

Antes de tudo, existe o conjunto de manômetros (manifold) equipado com mangueiras de transferência de fluido frigorífico e adaptadores de conexão do sistema de RAC. Medidores são utilizados para analisar a pressão/temperatura de operação do fluido frigorífico nas diversas parte dos sistemas de RAC e em seus componentes. As recolhedoras de fluido frigorífico mantêm a transferência segura de fluido frigorífico dos sistemas de RAC para recipientes de armazenamento de fluido frigorífico sem emissões de substâncias para a atmosfera. Unidades de reciclagem e regeneração limpam os fluidos frigoríficos recolhidos e recuperados até obter o padrão do produto novo. Analisadores/ identificadores de fluidos frigoríficos permitem a identificação e classificação de fluidos frigoríficos e a determinação de sua eventual contaminação (mistura) e adequação para reciclagem/ regeneração e reutilização posterior.

**Ferramentas e equipamentos recomendados**

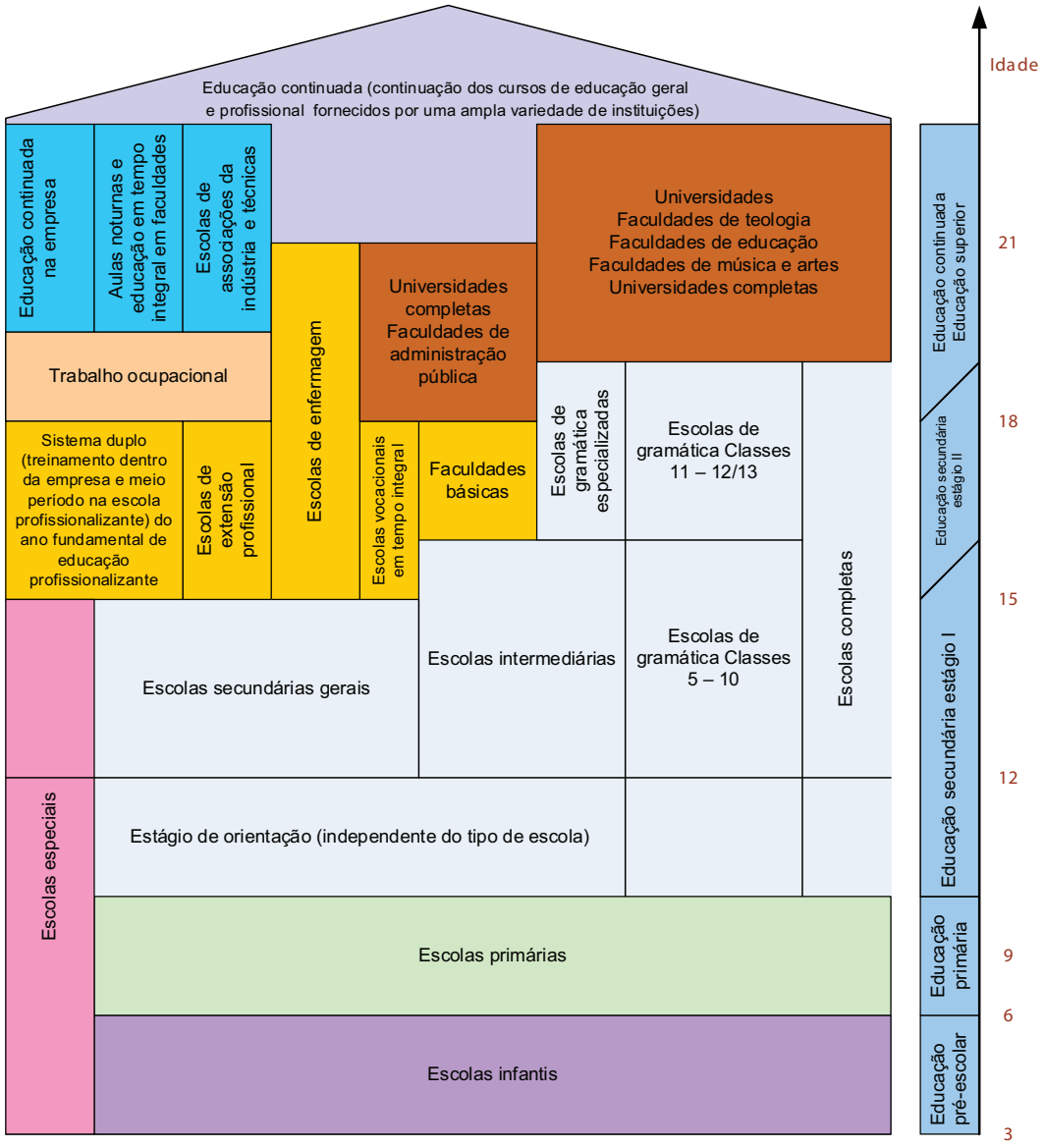
A necessidade de equipamentos para o local de treinamento de RAC em geral (incluindo tecnologias de HC) é calculada para cerca de 20 participantes. Uma lista de ferramentas sugeridas e as descrições associadas são detalhadas no Anexo 6.

## 3.2.4 Implicações da situação do local

A situação e organização do treinamento e educação profissionalizante (VET) variam mundialmente de país para país, por exemplo, na Figura 13, que ilustra a configuração na Alemanha. O treinamento qualificado é obrigatório para uma economia funcional. Porém, os países em desenvolvimento (Países A5) podem ter uma menor capacidade em comparação com os países industrializados para forçar a estrutura existente com ênfase na demanda real e nos desafios do futuro.

A globalização da economia, as políticas ambientais, a crescente concorrência internacional, as mudanças no desenvolvimento demográfico e no mercado de mão de obra estão aumentando a necessidade de novas estratégias educacionais e políticas de treinamento. Em muitos países, reformas no sistema educacional e de treinamento tendem a se concentrar na expansão dos caminhos da educação geral e acadêmica, de modo que o VET com frequência recebe pouca atenção comparativamente no processo contínuo de ajuste estrutural. Além disso, em muitos países, o VET é parte integrante da educação secundária organizada e fornecida por faculdades ou escolas, um conceito que somente prepara alunos de graduação e esses alunos não são preparados adequadamente para atender as demandas de trabalho do mundo real.

Figura 13: Exemplo de representação esquemática da estrutura típica do sistema educacional (incluindo VET) na Alemanha


Idade
Educação continuada (continuação dos cursos de educação geral e profissional fornecidos por uma ampla variedade de instituições)
Educação continuada na empresa
Aulas noturnas e educação em tempo integral em faculdades
Escolas de associações da indústria e técnicas
Universidades Faculdades de teologia Faculdades de educação Faculdades de música e artes Universidades completas
Universidades completas Faculdades de administração pública
Escolas de enfermagem
Trabalho ocupacional
Sistema duplo (treinamento dentro da empresa e meio período na escola profissionalizante) do ano fundamental de educação profissionalizante
Escolas de extensão profissional
Escolas vocacionais em tempo integral
Faculdades básicas
Escolas de gramática especializadas
Escolas de gramática Classes 11 – 12/13
Escolas completas
Escolas intermediárias
Escolas de gramática Classes 5 – 10
Escolas secundárias gerais
Escolas especiais
Estágio de orientação (independente do tipo de escola)
Escolas primárias
Escolas infantis
Educação continuada Educação superior
Educação secundária estágio II
Educação secundária estágio I
Educação primária
Educação pré-escolar
21
18
15
12
9
6
3

As avaliações nos países A5 têm mostrado que os empregadores ficam frequentemente insatisfeitos com a qualidade do treinamento educacional e profissionalizante (VET). Eles reclamam, principalmente, da baixa qualidade dos programas de treinamento, falta de habilidades práticas dos instrutores, bem como dos conteúdos de treinamento inadequados. Entretanto, o desenvolvimento econômico depende em grande parte da adaptação dos sistemas VET para atender às demandas sociais, ambientais e econômicas.

Por esse motivo, muitos países ressaltam a necessidade de uma maior ênfase no VET e destacam a importância do (a):

- Fornecimento de programas de treinamento, atraentes e qualificados, e de oportunidades de treinamento continuado para melhorar a empregabilidade e mobilidade ocupacional;
- Planejamento do VET para uma conformidade mais próxima com o campo de prática que é altamente estipulado para o setor de refrigeração e ar condicionado frente ao potencial de deterioração dos SDOs e dos fluidos frigoríficos com GWP;
- Orientação do VET mais próxima às necessidades do sistema de emprego e das correspondentes necessidades do mercado de trabalho;
- Preparação de jovens em graus que sejam compatíveis com os altos padrões, com a abertura de perspectivas de emprego futuro.

Uma importância particular também deverá ser atribuída à cooperação externa para obtenção de especialização e suporte na promoção do desenvolvimento e fortalecimento do VET. Esse suporte poderá ser encontrado em projetos bilaterais entre países A5 e países industrializados na Europa, EUA e Ásia, mas o suporte também pode ser fornecido por agências de desenvolvimento internacional na forma de desenvolvimento de programas de treinamento e entrega dos equipamentos, ferramentas e componentes necessários.

Alguns países A5 não têm a estrutura para disponibilizar os equipamentos e ferramentas apropriados para o setor de serviços de RAC em geral. Se os equipamentos de qualidade apropriada precisam ser importados, eles têm normalmente alto preço e alta tributação. Esse fato pode levar a uma situação tal que as empresas e técnicos de RAC dificilmente têm condições de arcar com os materiais necessários. O governo deverá fornecer subsídios e incentivos para permitir o aprovisionamento de materiais em condições competitivas para o setor de serviços de RAC. No cenário das possibilidades existentes, as agências de desenvolvimento internacionais deverão considerar não somente o fornecimento das ferramentas de RAC e equipamentos de manuseio de fluidos frigoríficos, mas também componentes especiais e de acordo com as normas de segurança e peças funcionais na conversão das tecnologias para HC, os quais não podem ser encontradas na maioria dos casos no mercado local.

É muito importante reconhecer que existe nos sistemas e aparelhos de RAC com HC uma interligação (com base em políticas e regulamentações nacionais) entre boa conservação e:  eficiência; competência dos especialistas; certificação das empresas; e disponibilidade local de componentes, peças funcionais e fluidos frigoríficos HCs apropriados para refrigeração.

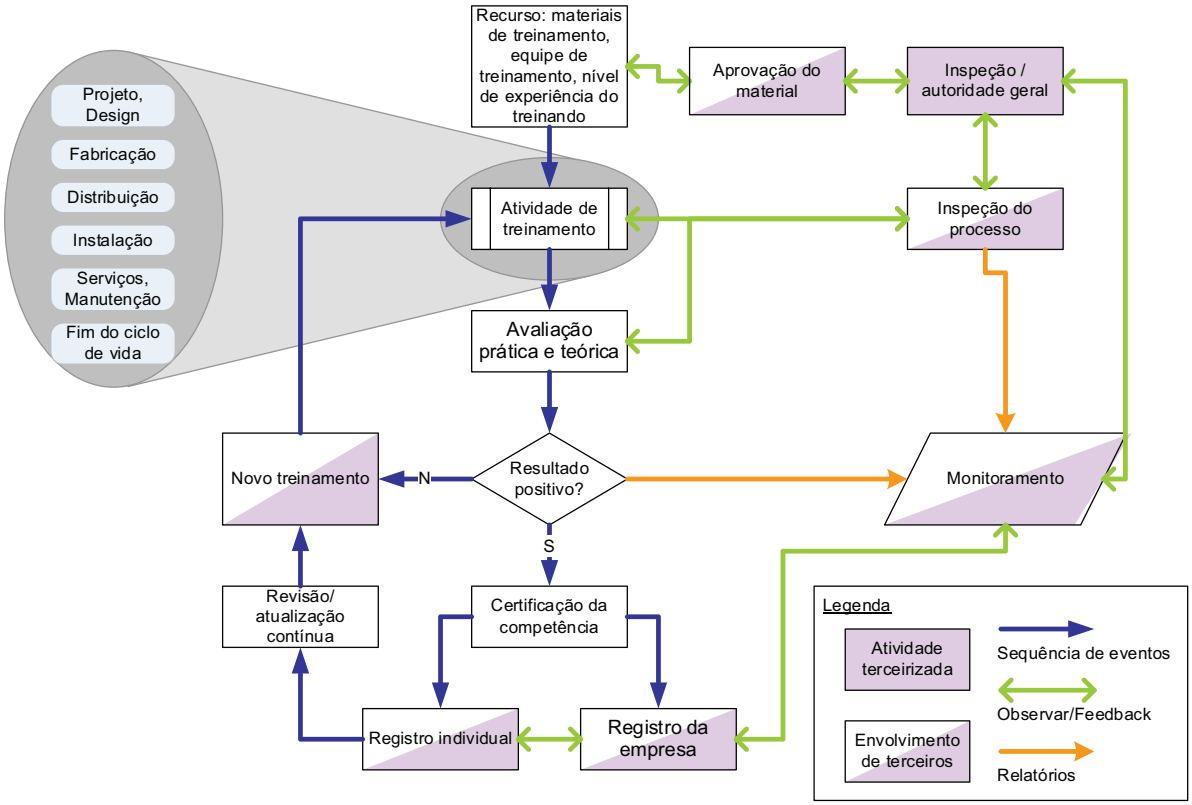
## 3.3 SISTEMA DE GESTÃO

### 3.3.1 Introdução

O conceito de gestão de qualidade detalhada na Parte 2 também pode ser aplicado especificamente no treinamento, certificação e registro de engenheiros e técnicos. Uma variação deste conceito é ilustrada na Figura 14. Este conceito deverá ser aplicado a todas as pessoas, estejam elas lidando com o projeto e desenvolvimento de sistemas, fabricação e produção, montagem e instalação de sistemas de manuseio de fluidos frigoríficos, durante o serviço, manutenção ou fim da vida útil.

Em relação aos recursos iniciais necessários, eles são essencialmente os materiais de treinamento, equipe de treinamento e experiência pessoal da pessoa. Desse modo, para conduzir um tipo de treinamento específico esses recursos deverão atender a certos níveis ou padrões. Um instrutor que não possua o conhecimento necessário poderá comprometer o nível do aprendizado. Ou se a pessoa não tem nenhum conhecimento do assunto, o benefício obtido de um determinado curso poderá ser desprezível. Portanto, é importante estabelecer os critérios a serem atendidos pelos vários recursos.

Figura 14: Visão geral de um sistema de qualidade geral aplicado ao treinamento, certificação e registro de técnicos




Dependendo do campo do treinamento, avaliações teóricas e práticas deverão ser conduzidas. Se a pessoa é reprovada na avaliação, um treinamento adicional será necessário. Mais uma vez, a avaliação deverá ser de nível suficientemente alto e definido entre as partes externas para garantir que as qualificações sejam compartilhadas. Supondo que o aluno seja aprovado, ele poderá receber um certificado de competência e, dependendo das responsabilidades, entrar em um programa de registro. A adoção desse programa pode ser extremamente útil. Por exemplo, é fácil exigir que a pessoa passe por novo treinamento periódico para obter revisões nas informações e atualizações técnicas, se esse registro deve ser mantido. De modo similar, a empresa na qual a pessoa está empregada também pode entrar em um programa de registro, entretanto, uma condição desse registro é que a empresa também atenda a um conjunto mínimo de requisitos (como disponibilidade de ferramentas e equipamentos).

Organismos externos serão normalmente utilizados para a execução de inspeções das atividades de treinamento, bem como avaliação dos recursos e da qualidade. Essas atividades podem então fazer parte de um programa de inspeção geral estabelecido por alguma autoridade nacional, podendo ser um organismo do setor ou governamental que aborde o treinamento do setor de RAC como um todo, com a autoridade governamental aprovando a maioria dos recursos. O componente de monitoramento é fundamental, pois ele coletará informações sobre a qualidade geral do processo de treinamento e do sucesso dos próprios alunos. Entretanto, ele deverá estar ligado também às atividades dos alunos que trabalham no campo, por vários motivos, incluindo coleta de feedback sobre a compatibilidade entre o material do curso e o trabalho real sendo conduzido. Mas o mais importante é observar se todos os problemas sistemáticos aparecem em situações práticas, que precisam ser abordadas de forma mais profunda nos cursos de treinamento para

minimizar o potencial de acidentes, entre outros. Em todo o processo, o envolvimento de uma organização terceirizada pode ocorrer por meio de intervenção governamental direta ou indiretamente por meio de uma associação da indústria designada.

### 3.3.2 Necessidades de recursos

As necessidades de recursos para o treinamento normalmente compreendem três categorias principais:

i) Material de treinamento para o conteúdo programático específico;

ii) Equipe de treinamento;

iii) Nível existente de competência dos alunos.

O material de treinamento aborda de forma geral as informações que podem ser necessárias para que o aluno seja aprovado na avaliação de acordo com um determinado conteúdo programático. Entretanto, as notas de apresentação deverão considerar uma ampla faixa de tópicos relativos ao assunto em consideração e não deverão abordar somente o que é exigido pela avaliação. Isso ajuda a oferecer ao aluno o conhecimento e entendimento dos problemas que ele vai encontrar em qualquer lugar. Além disso, o material de treinamento deverá ser complementado por livros-texto recomendados e outras orientações técnicas, por exemplo, de institutos, organizações da indústria e organismos de desenvolvimento, bem como literatura técnica das empresas consideradas exemplares.

A competência do instrutor, trabalhando no campo ou como um professor, é importante. De modo a apresentar as qualificações pessoais apropriadas, os instrutores de treinamento deverão, em geral, ter as qualificações vocacionais e pedagógicas básicas necessárias em relação à maioria dos tópicos que estão sendo ensinados – teóricos e práticos –, bem como assuntos periféricos que podem estar de modo geral relacionados ao tópico. Os instrutores são normalmente considerados como ocupacionalmente (vocacionalmente) qualificados se tiverem no mínimo 24 anos de idade e tiverem sido aprovados no exame final em uma ocupação pertinente que requeira treinamento formal.

Como alternativa, outros exames podem ser reconhecidos se os candidatos puderem comprovar uma experiência prática permanente apropriada. As qualificações vocacionais e pedagógicas incluem a capacidade de planejar, conduzir e monitorar o treinamento de forma independente, com uma orientação para ação criativa de construção.

Também é essencial que o aluno já tenha alcançado certo nível de conhecimento, experiência, competência e habilidades na área geral do assunto sendo ensinado. Como o manuseio de fluidos frigoríficos HCs é efetivamente um assunto "adicional" da tecnologia de refrigeração, o aluno deverá ter algum conhecimento básico existente sobre, por exemplo, características gerais e manuseio seguro dos fluidos frigoríficos, eletricidade básica, brasagem, teoria da refrigeração, avaliação de componentes do sistema e tipos de sistemas, entre outros, dependendo do tipo de treinamento no qual ele está participando.

Desde que as contribuições ao treinamento sejam abrangentes e atendam à orientação acima, elas deverão fornecer um suporte eficaz para os recursos de treinamento.

Em geral, a melhor forma possível de obter recursos (conteúdo programático) para o treinamento é ter (estabelecer) um comitê de VET em nível nacional onde os membros (especialistas) das diferentes organizações de treinamento (VETC, Sindicato, Associação da indústria) poderão formular para todas as autoridades responsáveis pela inspeção, os conteúdos e recomendações de treinamento sobre tecnologias de RAC, incluindo informações do campo, upgrades e informações extras.

Os participantes de importantes fabricantes nacionais ou internacionais poderão ser convidados para fornecer contribuições adicionais, sob solicitação. Além disso, organizações de desenvolvimento e os governos dos países industrializados poderão oferecer suporte às atividades de formulação de conteúdo programático, se necessário. Para receberem o conhecimento e as habilidades necessárias (inclusive conteúdos programáticos existentes) exigidas para as necessidades dos países A5 os treinadores e instrutores dos organismos

de treinamento profissionalizante poderão ser convidados para um treinamento do setor, os quais são realizados pelos fabricantes internacionais ou VETCs, localizados na Europa ou em outro lugar. Na realidade, esses procedimentos estão bem implementados e são bem conhecidos na Europa, Ásia (Japão, Coreia) e EUA.

### 3.3.3 Avaliação

Duas formas de avaliações deverão ser conduzidas, pré e pós-treinamento.

**Avaliação de pré-treinamento**

A avaliação de pré-treinamento é utilizada para estabelecer a base de conhecimentos e/ou habilidades e deverá ser conduzida antes do início do workshop de treinamento. Para cobrir o espectro mais amplo possível, recomenda-se a utilização de itens de múltipla escolha. Os pré-testes deverão ser analisados para se detectar os pontos fracos na provisão atual e o estado de conhecimento e para identificar a escala da tarefa no treinamento.

**Avaliação pós-treinamento**

A avaliação pós-treinamento poderá ser utilizada para dois objetivos. O primeiro é simplesmente permitir uma análise do progresso feito e que pode ser utilizado para incentivar os alunos a empreender maiores esforços. O segundo objetivo é permitir a certificação dos alunos aprovados como parte do esquema de certificação nacional, o qual, por sua vez, poderá ser uma vantagem competitiva para técnicos certificados e empresas de manutenção.

Apesar da avaliação de pré-treinamento ser sempre melhor conduzida utilizando itens de múltipla escolha, como descrito, somente o conhecimento teórico poderá ser avaliado de forma apropriada desse modo. Qualquer avaliação de certificação de pós-treinamento deverá incluir uma avaliação prática rigorosa, reforçada por avaliação do trabalho por meio de exemplos práticos e sessões adicionais de perguntas e respostas.

### 3.3.4 Método para certificação de pessoas

É importante assegurar que as organizações envolvidas na certificação de técnicos sigam os procedimentos apropriados. A legislação nacional pode restringir o acesso a fluidos frigoríficos a técnicos certificados e oficinas de serviço após um processo e programação predefinidos. Todos os membros da autoridade responsável pela inspeção avaliarão se é mais apropriado utilizar um programa de certificação criado pelo comitê nacional de VET (incluindo e provavelmente refletindo a estrutura existente) e com certificados concedidos por um Organismo de Concessão Nacional ou diretamente pelo VETC.

Como alternativa, é possível "participar" de programas de certificação reconhecidos internacionalmente desenvolvidos por associação de refrigeração ou instituições de treinamento em outros países. Esses certificados internacionais poderão ser "localizados" conforme a necessidade e beneficiar no processo de conciliação das normas nesses países que as utilizam.

Além disso, a norma ISO/IEC 17024 (sobre requisitos gerais para organismos que lidam com certificação de pessoas) pode ser utilizada como base, pois ela fornece um "benchmark" para os organismos de certificação de pessoas em qualquer ocupação e facilita a acreditação pelos organismos nacionais. Ela se destina às organizações e entidades que desejam obter reconhecimento internacional para certificação da competência das pessoas.

A intenção da ISO/IEC 17024 é fornecer um modelo de programas de acreditação e certificação de pessoas e uma norma contra a qual uma organização terceirizada poderá validar o sistema de gerenciamento da certificação de pessoas. Por si só, a norma não é suficiente para certificar uma pessoa, mas ela é planejada para uso conjunto com um "programa-padrão". Ela requer que a competência seja comprovada, incluindo requisitos necessários de educação, conhecimentos, habilidades e experiência e que precisam ser atendidos. Além disso, a ISO/IEC 17024 fornece os requisitos gerais de um sistema de gestão, descrevendo condições

de aplicação, exames, observação e recertificação de pessoas. Ela especifica os requisitos de eliminação de conflitos de interesses, incluindo certificação, confidencialidade de informações, competência da equipe e das empreiteiras, e a necessidade de contribuição das partes envolvidas nos programas de certificação. Essa norma especifica requisitos de um organismo para certificar pessoas sobre requisitos específicos, incluindo o desenvolvimento e manutenção de um programa de certificação dos profissionais.

**Certificação e treinamento introdutório dividido por níveis de risco e tipo de aplicação**

O método ideal de realizar um treinamento de introdução de fluidos frigoríficos HCs e sistemas que utilizam esse fluido é abordar os temas em diferentes níveis que variam de acordo com a gravidade do risco e o tipo de aplicação. É melhor iniciar com equipamentos que apresentarão risco mínimo e avançar para tipos de equipamentos mais vulneráveis à medida que a experiência, o conhecimento e a familiarização aumentam. Os equipamentos considerados de risco mínimo têm as características abaixo:

- Menores cargas de fluidos frigoríficos – menor quantidade de carga, particularmente em relação ao tamanho do ambiente, são muito mais seguras e o perigo de não estimar apropriadamente o tamanho mínimo da sala é menos pronunciado;
- Números menores de fontes potenciais de ignição (SOI) – existe uma menor chance de identificação incorreta dessas fontes pelo técnico ou de cometer erros quanto a sua vedação ou remoção;
- Padronização dos equipamentos e suas características em toda a base instalada – se a maioria dos equipamentos em uma categoria particular é similar, será mais fácil para um técnico saber como manuseá-los e, portanto, minimizar a possibilidade de erros;
- Localização externa dos componentes que contenha fluido frigorífico – quanto mais componentes do sistema forem instalados e posicionados externamente, menor será o risco de vazamento interno e, além disso, é mais fácil para o técnico e ele prefere executar os serviços (quando há necessidade de contato com o fluido frigorífico) na parte externa do sistema que na parte interna, porque é mais seguro;
- Nenhuma modificação adicional efetuada no sistema – situações que não incluem a necessidade de instalação de outros itens, como detecção de gás, sistemas de ventilação mecânica, etc., que requerem alto nível de conhecimento da tecnologia.

Com base nessas características, as categorias de sistemas podem ser alocadas em nível de risco geral, onde o nível 1 indica sistemas que apresentam o menor risco e o nível 4 indica sistemas que apresentam o maior risco, como mostrado na Tabela 5. (Na realidade, conforme a Tabela 5, a maioria das categorias de sistemas que correspondem a um nível de risco total 4, provavelmente não deverá estar utilizando nenhum fluido frigorífico HC por causa das exigências das normas de segurança.)

Conforme mencionado, recomenda-se que a introdução de fluidos frigoríficos HCs seja faseada de acordo com o nível de risco associado a uma determinada categoria de sistema. A Figura 15 fornece uma sugestão de escala de tempo para essa introdução, na qual existe um incremento de um ano entre cada nível para permitir um desenvolvimento gradual da experiência, conhecimento e familiarização com a tecnologia. Um intervalo ligeiramente maior entre os níveis 3 e 4 é proposto por causa das prováveis complicações adicionais a serem encontradas.

Figura 15: Cronograma sugerido para introdução passo a passo de fluidos frigoríficos hidrocarbonetos de acordo com o nível de risco

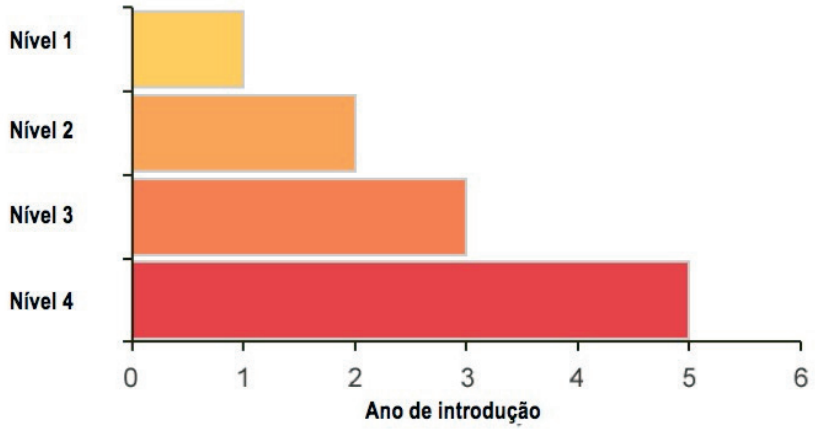



Tabela 5: Níveis de risco total associados com a aplicação de HCs em diferentes tipos de sistemas

| Tipos de sistemas | Classificação de risco (Baixo, Médio, Alto) | | | | | Nível de risco total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tamanho da carga | Nº de SOIs | Padroni-zação | Externa | Outros itens | |
| **Refrigeração doméstica** | B | A | B | A | B | Nível 2 |
| **Refrigeração comercial** | | | | | | |
| Sistema individual (plug-in / autônomo) | B | M | M | A | B | Nível 2 |
| Split (unidade condensadora) | M | M | A | M | A | Nível 4 |
| [Central de expansão direta] | A | A | A | M | A | [Nível 4] |
| Central de expansão indireta | M | B | B | B | M | Nível 2 |
| **Ar-condicionado** | | | | | | |
| Sistema individual (janela/ portátil) | B | B | B | H | B | Nível 1 |
| Split | B | B | B | M | B | Nível 1 |
| "Close control" | M | A | M | M | M | Nível 3 |
| Unidade "rooftop" | M | M | M | M | M | Nível 3 |
| [Expansão direta dutada] | A | A | A | M | A | [Nível 4] |
| [Multi-split] | A | M | A | M | A | [Nível 4] |
| Chiller | A | B | B | B | M | Nível 2 |
| **Transporte** | | | | | | |
| Ar-condicionado de carro | B | B | B | B | B | Nível 1 |
| A/C de outros tipos de transporte | M | M | A | M | B | Nível 3 |
| Refrigeração de caminhões | M | M | M | B | M | Nível 2 |
| Embarcações de pesca | M | M | A | M | M | Nível 3 |
| **Processamento de alimentos, equipamento especial/ personalizado** | A | M | A | M | A | Nível 4 |

Também se deve observar que as categorias de sistemas na Tabela 5 entre colchetes '[...]' não deverão ser consideradas para uso com fluidos frigoríficos HCs. Consequentemente, os únicos tipos de sistemas nos quais esses fluidos frigoríficos poderão ser aplicados (onde viável) são sistemas tipo split de refrigeração comercial, processamento de alimentos e outros sistemas especiais/personalizados que exigirão avaliação caso a caso.

**Estabelecimento de um organismo para emissão de certificados**

Muitos países já contam com um organismo de certificação para emissão e concessão de certificados a pessoas aprovadas em processo VET nas diferentes ocupações. Onde essas estruturas existem, é preciso analisar se adaptações aos setores de RAC são necessárias. Em qualquer caso, esses organismos deverão ser independentes e não limitados por instruções. As responsabilidades deverão estar restritas aos membros que têm autoridade para inspeção. A melhor forma possível de implementação de um organismo de certificação (onde ele não existe) é estabelecer um comitê VET em nível nacional, da qual fazem parte os membros (especialistas) das diferentes organizações de treinamento (VETC, sindicato, associação).

### 3.3.5 Registro de técnicos e empresas (licenciamento)

Os requisitos para registro constituem a forma mais eficaz de garantir que os profissionais e as empresas de RAC e HC irão alterar suas práticas de trabalho atuais. O registro é uma forma eficaz de evitar que os técnicos, que têm treinamento necessário e que estão aplicando as boas práticas operacionais, percam oportunidades de negócios para aqueles que ignoram as regulamentações e continuam a "trabalhar como antes".

Um bom exemplo é encontrado no Reino Unido onde há um programa de registro voluntário dos técnicos bem treinados "que trabalham com fluídos frigoríficos de forma segura" que é mantido pelo Air Conditioning and Refrigeration Industry Board (ACRIB).

Entretanto, é importante que esse registro seja executado pelos sindicatos do setor de RAC ou pelo comitê de VET, o que for mais adequado. Um passo posterior será a discussão com a Autoridade de Inspeção Geral (Governo) sobre a possibilidade de tornar o programa obrigatório. Se autorizado e endossado por um órgão governamental e sob supervisão geral, é importante que a supervisão enfoque questões de importância real e o cumprimento do Código de Práticas Boas e Seguras prescrito, em vez das formalidades legais.

Para técnicos ou empresas certificadas, uma ficha de registro deverá ser emitida para permitir a identificação da pessoa ou empresa certificada, bem como a data de validade. Para estender a validade da certificação, todos os membros da autoridade responsável pela inspeção e seus parceiros envolvidos e órgãos executivos decidirão se haverá necessidade ou não de uma avaliação posterior das habilidades e conhecimentos após a data de validade.

Em caso negativo, o técnico ou a empresa simplesmente renovam a ficha de registro. Caso contrário, os técnicos deverão ser reavaliados ou, se necessário, treinados e, a seguir, reavaliados. Essa oportunidade de novo treinamento e reavaliação ocorre periodicamente após a data de validade da certificação, permitindo que os técnicos se mantenham atualizados em relação aos mais novos desenvolvimentos tecnológicos. Ela também garante que as habilidades e conhecimentos dos técnicos são apropriados para o controle e o monitoramento do fornecimento e da utilização do fluido frigorífico.

### 3.3.6 Inspeção das operações e do monitoramento

Conforme discutido na Parte 3.3.2, a inspeção do treinamento geral e da operação do sistema de licenciamento deverá ter (estabelecer) um comitê de VET em nível nacional, no qual os membros das diferentes organizações de treinamento (VETC, sindicatos, associações da indústria) participarão. Especialistas designados (por ex. presidente ou vice-presidente do comitê) deverão inspecionar cada passo da operação funcional total e se as regulamentações implementadas estão sendo respeitadas.

i) Qualidade e cumprimento do treinamento para garantir as mesmas normas em todo o setor;

ii) Conformidade com os códigos de práticas e regulamentações durante os vários treinamentos;

iii) Avaliação dos participantes do treinamento;

iv) Certificação dos participantes;

v) Registro dos participantes;

vi) Certificação e registro de empresas;

vii) Conformidade com os códigos de práticas e regulamentações aplicadas no campo;

viii) Monitoramento;

ix) Informar todos os envolvidos com a autoridade responsável pela inspeção.

Os membros (especialistas) das diferentes organizações de treinamento (VETC, sindicatos, associações da indústria) poderão formular para todas as autoridades responsáveis pela inspeção, os conteúdos e recomendações de treinamento das tecnologias de RAC, incluindo informações do campo, upgrades e informações extras. Os participantes de importantes fabricantes nacionais e internacionais poderão ser convidados para fornecer contribuições adicionais, se solicitadas, para obter informações sobre novas tecnologias e normas.

## 3.4 CONTEÚDO DAS NORMAS PARA TREINAMENTO DE REFRIGERAÇÃO

### 3.4.1 Introdução

A parte 3.4 se refere ao projeto europeu "Leonardo da Vinci" EUR/02/C/F/NT-84604 / Acordo EC nº 2002-4549/001-01LE2X. A responsabilidade está a cargo da "Air conditioning and Refrigeration European Association" (AREA).[13] A AREA é a associação europeia das Associações Nacionais de Empreiteiras de AC&R, estabelecida para servir as empreiteiras de ar-condicionado e refrigeração em nível europeu e formular um nível educacional uniforme para o treinamento e a qualificação em todo o continente europeu.

As normas são fornecidas para permitir que os vários países europeus comparem, verifiquem e adaptem (se necessário) seus programas educacionais e de treinamento. O conteúdo dessas normas é fornecido nessa seção para demonstrar por meio de exemplos o conteúdo mínimo necessário dos tópicos de conteúdo programático para o treinamento profissionalizante e educacional sobre ar condicionado e refrigeração, podendo permitir principalmente que os países A5 encontrem orientações específicas no desenvolvimento de normas nacionais de treinamento, onde estas já não existam, ou se houver necessidade de modificações.

As normas e regulamentações europeias a seguir são usadas para definir as principais atividades dos (as) especialistas em refrigeração da "AREA Refrigeration Craftsman/Craftswomen (ARC)":

- EN 13313, Refrigerating systems and heat pumps – competence of personnel
- EN 378, Refrigerating systems and heat pumps, safety and environmental requirements
  - Part 1: Basic requirements, definitions, classification and selection criteria
  - Part 2: Design, construction, testing, marking and documentation
  - Part 3: Installation site and personal protection
  - Part 4: Operation, maintenance, repair and recovery
- EN 50110, Operation of electrical installations
- Regulamentação europeia "F-Gas Regulation"

13 Para obter informações adicionais, visite o website da AREA, www.area-eur-be.

### 3.4.2 Categorização dos tópicos do ARC e descrição das competências do ARC

Uma descrição completa dos tópicos do ARC e das competências do ARC foi desenvolvida e incluída no Anexo 7.

### 3.4.3 Conteúdo programático adicional para fluidos frigoríficos HCs

As habilidades e competências de cada uma das áreas em questão no Anexo 7 poderão ser complementadas pelo material nesse manual, onde pertinente.

### 3.4.4 Exemplo de critérios de avaliação

Alguns critérios e tópicos de avaliação dos técnicos especificamente para o manuseio de fluidos frigoríficos HCs são incluídos no Anexo 8.

## 3.5 TREINAMENTO DE PROJETO E DESENVOLVIMENTO

### 3.5.1 Introdução

As pessoas envolvidas no projeto e desenvolvimento de sistemas utilizando fluidos frigoríficos HCs também precisam de treinamento. Este deverá abordar uma ampla variedade de tópicos, pois as pessoas que projetam os equipamentos precisam estar cientes e saber como lidar com todas as condições nas quais os equipamentos vão operar. Também precisam estar cientes de eventuais falhas e problemas que podem ocorrer durante o ciclo de vida dos equipamentos. Uma parte do treinamento deve abordar aspectos convencionais de manuseio de fluidos frigoríficos e, outra, assuntos mais acadêmicos para fins de experimentação e análise.

A Figura 16 fornece uma visão geral das categorias que deverão ser consideradas no treinamento das pessoas envolvidas com os aspectos de projeto e desenvolvimento. Obviamente, a inclusão e extensão do treinamento de alguns tópicos variam de acordo com o objetivo do trabalho.

Figura 16: Visão geral das categorias de treinamento a serem consideradas

Treinamento técnico básico
(inflamabilidade, manuseio seguro, normas, regulamentações, etc.)
Treinamento básico de produtos
(objetivos, características, utilização, meio ambiente, etc.)
Treinamento fundamental
(análise de riscos, vazamento, comportamento dos gases, combustão, etc.)
Treinamento secundário
(análise, medição, práticas de laboratório, instrumentação, etc.)

Em geral, quatro categorias são identificadas, sendo duas delas de assuntos principais e outras duas de assuntos adicionais, portanto, menos críticos.

### 3.5.2 Treinamento técnico básico

Esse treinamento se baseia nos principais componentes que, por exemplo, poderão ser ensinados aos técnicos de serviço e manutenção, como manuseio de fluidos frigoríficos. Entretanto, com os importantes conceitos de segurança, como propriedades de inflamabilidade, um entendimento mais profundo deverá ser adquirido. É de máxima importância a abordagem dos requisitos de regulamentações e normas de segurança, assim como entender a lógica das regulamentações e das normas, para que os limites de trabalho possam ser respeitados.

### 3.5.3 Treinamento básico de produtos

Esse treinamento foca principalmente os produtos de RAC que estão sendo trabalhados. O treinamento deverá proporcionar um entendimento dos sistemas e equipamentos, sendo também considerados aspectos como: características de construção; como eles são utilizados; onde estão instalados e os tipos de condições nas quais eles serão instalados; práticas comuns de serviço e manutenção, entre outros. Com essas informações básicas, os engenheiros poderão identificar todas as possíveis situações que o equipamento pode encontrar e os tipos de pessoas que podem manuseá-los, de modo que sejam mais capazes de prever as eventuais consequências e as condições que podem levar a elas. Para ajudar nessa tarefa, o treinamento deverá também ser fornecido em relação a falhas típicas e possíveis dos equipamentos e componentes, mecanismos de falhas, etc.

### 3.5.4 Treinamento fundamental

Em relação aos fundamentos dos assuntos relacionados à segurança, eles deverão incluir todos os itens relativos à segurança de substâncias inflamáveis, de modo a aplicar os princípios e considerá-los no desenvolvimento e projeto de equipamentos. Além disso, os conhecimentos básicos sobre esses tópicos também ajudarão no projeto e configuração dos testes de segurança. Os assuntos deverão incluir falhas dos componentes mecânicos, principalmente vazamentos, processos e mecanismos, liberação e mistura de gases, conceitos de combustão/incêndio e alta pressão/explosão.

### 3.5.5 Treinamento secundário

O treinamento secundário aborda assuntos que deverão fornecer a base para a condução de medições e análises. Ele poderá incluir abordagens de configuração dos testes de segurança, métodos aplicados de análise dos resultados (que podem diferir dos métodos normalmente utilizados em aspectos relacionados à refrigeração), bem como familiarização com os tipos apropriados de instrumentação e equipamentos de medição associados, suas aplicações e limitações. Além disso, poderá também haver a abordagem das normas e protocolos para certos tipos de testes de segurança, que não são diretamente relacionados à segurança dos equipamentos de RAC.

As sugestões incluídas aqui deverão funcionar para fins de orientação somente, especialmente pelo fato de que uma parte do treinamento para as fases de desenvolvimento e projeto deverão ser mais focadas em situações específicas.

# 3.6 TREINAMENTO DE PRODUÇÃO

## 3.6.1 Procedimentos de trabalho na área de produção

O treinamento e a conscientização dos trabalhadores deverão proporcionar um ambiente de trabalho mais seguro e saudável, que são os principais elementos em uma área de produção. Na área de produção, normalmente existe um compromisso entre volume de produção e procedimentos que poderiam impedir a realização desse volume. Esse é sempre um ponto de discussão. Entretanto, com a utilização de fluidos frigoríficos HCs e a necessidade de regulamentar os procedimentos em uma maior extensão, é frequente o caso de se obter uma melhoria de eficiência por causa do monitoramento mais detalhado de cada operação. Todavia, é importante que os gerentes tratem com cuidado todos os eventuais conflitos. O esforço inicial irá exigir um tempo maior, mas o monitoramento fornecerá informações valiosas e controle da eficiência, proporcionando, desse modo, benefícios significativos em termos de segurança, confiabilidade e qualidade do produto.

## 3.6.2 Conscientização dos funcionários da produção

Em uma área de produção, há muitas áreas e instalações que demandam precauções especiais de manuseio. Por isso, a equipe deve ser treinada para trabalhar de forma consciente nesses espaços. Na área de produção há também uma série de tubulações, conjuntos de tubulações e equipamentos elétricos com os quais a equipe deve estar familiarizada. Esse funcionário deve ter consciência sobre o que fazer em casos de operações conflitantes. Toda e qualquer nova instalação demanda um programa de conscientização, a fim de que a área de produção e as equipes que ali trabalham compreendam as implicações dessa nova instalação. A equipe deve ser treinada de forma a seguir as regras, normas e orientações de forma consciente. Após um treinamento de conscientização e a explicação dos procedimentos sobre como atuar em situações que envolvam HCs, estes serão considerados mais rapidamente do que qualquer outra instalação na área de produção. Obviamente, esse programa de conscientização não será pontual, mas sim um processo contínuo a fim de manter a equipe afinada no manuseio dos HCs e outros gases presentes na área de produção. Os supervisores da planta devem garantir que esse processo seja realizado.

## 3.6.3 Equipe a ser treinada

Há diferentes níveis de treinamento no que diz respeito às atividades aplicadas a qualquer um dentro da área de produção. O treinamento não deve ser limitado à equipe interna da área de produção, mas também a todos os trabalhadores terceirizados e membros de agências externas. Qualquer um que entrar na área deverá conhecer os princípios básicos de segurança industrial, compreender corretamente a área e o que fazer em caso de emergência, obter conhecimentos específicos das marcações e avisos aplicáveis à instalação (por exemplo: tubulação com hidrocarbonetos) e conhecer as áreas específicas nas quais os HCs são usados.

Recomenda-se também fortemente que quaisquer procedimentos sejam configurados de modo que quaisquer atividades estejam incluídas no treinamento específico e que possua aprovação do gerente de segurança. Isso evita, especificamente nos estágios iniciais, que más práticas sejam introduzidas e que seja oferecida a oportunidade de revisar e definir novos procedimentos para o trabalho na área de produção.

## 3.6.4 Identificação das áreas

Quando um novo processo é introduzido, é importante que se identifique onde tais atividades serão realizadas, de forma que todos os funcionários envolvidos diariamente na área de produção estejam conscientes do novo processo. Isso também criará uma melhor compreensão da necessidade de novos procedimentos decorrentes de alterações no processo de produção. Com a identificação da área, deve também ser introduzida a obrigação de todas as atividades da linha serem reportadas ao supervisor da linha. De modo semelhante, a princípio, pelo menos duas pessoas devem ser instruídas para a execução de quaisquer reparos, alterações do processo de produção, alterações de modelos, etc., e serão monitoradas pelos supervisores de

linha de produção e gerentes de segurança. A esse respeito, caso ocorra mudança de responsáveis, as informações devem também ser transferidas.

### 3.6.5 Mudanças na situação de trabalho

No fim da linha de produção sairá um produto contendo HCs e todo o processo desde o recebimento do material até a introdução dos HCs e embalagem/expedição depende da determinação dos procedimentos. A produção já apresentará todo um conjunto de procedimentos para essas atividades, de modo a controlar a qualidade, configurar produtos e materiais assim como o fluxo de produção. O que deve ser introduzido é uma verificação cruzada em diferentes áreas de produção uma vez que os HCs estão em uso. Em casos de produção mista, devem ser tomadas precauções especiais a fim de evitar o uso de componentes incorretos e em caso de alterações, a linha de produção deverá ser informada. O caso ideal é que alterações aplicadas incorretamente sejam detectadas o mais cedo possível e que as configurações e os trabalhos feitos manualmente sejam corrigidos antes de introduzir o HC no produto. Seja com produção mista ou não, deve ser empregada a marcação específica de componentes compatíveis com HC, como uso de códigos de cores para cestas, racks e outros itens de armazenamento além dos códigos tradicionais de verificação. Além disso, os procedimentos de trocas de informações em caso de trocas de componentes ou procedimentos ampliam a qualidade dos processos.

### 3.6.6 Revisão dos procedimentos

O primeiro estágio é a verificação dos procedimentos específicos relacionados aos produtos existentes e a revisão destes a fim de acrescentar a estes os aspectos específicos relacionados ao HC. Em segundo lugar vem um teste de produção com corpos de prova e o ajuste dos procedimentos para cada uma das etapas, levando em consideração a visão geral de todo o processo. Há também uma boa oportunidade para a criação de um programa de treinamento personalizado, de acordo com as funções executadas na área de produção, e um treinamento básico para todos os envolvidos.

Além disso, os procedimentos de chão de fábrica devem ser especialmente ajustados, entre outros, todos os que envolvem transporte de materiais, movimentos de empilhadeiras, içamento, manutenção, reparos e modificações no maquinário/equipamento. Deve ser dada ênfase especial às fontes de energia, principalmente à energia elétrica, mas sem ignorar fontes de calor e também as que possam ser geradas por atrito. Há, obviamente, outros aspectos dos procedimentos de segurança e saúde que devem ser incluídos em tal revisão. O plano de revisão dos procedimentos é um processo contínuo, com períodos mais curtos de revisão no primeiro ano de produção e quando aplicadas alterações de modelos.

### 3.6.7 Treinamento da equipe para distribuição

Todos os envolvidos ou responsáveis por armazenamento, distribuição e manuseio geral do equipamento contendo fluido frigorífico inflamável devem também receber algum treinamento. Contudo, uma vez que o equipamento deve ser corretamente projetado, bem embalado e que em geral somente equipamentos menores (baixa carga) são enviados já carregados com o fluido frigorífico, os riscos são considerados mínimos.

Além disso, o operador local pode oferecer programas de treinamento abrangentes para profissionais de todos os níveis, desde o ajudante do estoque até o diretor da planta.[14] Todos os novos colaboradores devem passar por treinamento introdutório. As principais áreas cobertas devem incluir:

- Segurança do local e segurança relacionada a produtos químicos;
- Prevenção de acidentes;
- Prevenção de incêndios e procedimentos em caso de alarmes;

14 Observa-se que a maior parte do treinamento é composta por boas práticas para armazenamento, seja de produtos contendo fluidos frigoríficos inflamáveis ou não.

- Informações gerais;
- Obras, instalações e serviços;
- Regras e procedimentos da Empresa;
- Aspectos de inflamabilidade de fluidos frigoríficos HCs;
- Como essas alterações impactam as práticas atuais (por exemplo: em caso de uso de fluidos frigoríficos não inflamáveis para o novo local);
- Reconhecimento da sinalização de riscos empregada na embalagem;
- Regulamentações nacionais relacionadas a substâncias inflamáveis e perigosas;
- Informações básicas de combate a incêndios.

Determinadas equipes de supervisão devem receber treinamentos de segurança mais abrangentes, cobrindo riscos relacionados a materiais inflamáveis, saúde das pessoas, verificação de vazamentos – e como lidar com eles – e planos de evacuação em caso de emergências.

Deve haver também uma brigada de incêndio, que deve ser treinada em torno de 1 a 2 horas por semana, a fim de assegurar um estado permanente de prontidão e competência. Deve haver por ano, pelo menos um exercício de evacuação de emergência em caso de incêndio. A brigada de incêndio no local deve tomar parte, de tempos em tempos, em exercícios de simulação com combate a chamas e prática de solução de "casualidades" com ferimentos específicos.

Os envolvidos na distribuição e na expedição devem também estar conscientes das normas-padrão das Nações Unidas para transporte de cargas perigosas, e particularmente o transporte de equipamentos contendo fluidos frigoríficos inflamáveis. Os funcionários envolvidos com o armazenamento, manuseio e transporte (físico) deve também conhecer:

- Regras gerais de armazenamento de materiais inflamáveis;
- Procedimentos de emergência;
- Verificação de embalagem quanto a vazamentos no equipamento;
- Práticas corretas de manuseio;
- Procedimentos de emergência.

Os operadores de empilhadeiras devem passar por um teste de habilidades definido por uma organização externa antes de receberem autorização para operar empilhadeiras. Os responsáveis pelos locais de armazenamento podem treinar novos operadores, desde que possuam um instrutor devidamente qualificado.

Todos os operadores devem passar por cursos periódicos de reciclagem e testes de habilidades.

- Exercícios simulados;
- Palestras sobre riscos de incêndio e de produtos químicos;
- Vídeos;
- Experiência prática no uso de equipamentos de proteção individual e respiratória;
- Trabalho com os oficiais locais de brigada de incêndio.

Os gerentes devem receber dois tipos de treinamentos: o primeiro para aprimorar a proficiência e ampliar suas habilidades gerenciais e o segundo para exercitar sua capacidade de gestão de emergências. Esse segundo tipo de treinamento é bastante importante e deve incluir uma prática anual de uma simulação completa de um evento de emergência de até 2 horas. Nesses exercícios, que devem ser idealizados por especialistas, diversos gerentes devem cumprir com os seus papéis.

# PARTE 4: INFRAESTRUTURA DA LINHA DE PRODUÇÃO E FABRICAÇÃO

## 4.1 INTRODUÇÃO

Os locais onde os sistemas, com carga de fluido frigorífico HC, são fabricados, devem ter também uma consideração especial de projeto e instalação das áreas de produção e anexos. Dessa forma, também devem ser definidas as áreas relacionadas ao armazenamento e transporte do fluido frigorífico e as áreas de operação das máquinas que realizam a carga de fluido frigorífico nos sistemas. As áreas principais são:

i) Armazenamento de fluido frigorífico (cilindros ou tanques de armazenagem de fluido);

ii) Bombeamento do fluido frigorífico e controle do fornecimento;

iii) Áreas de realização da carga de fluido frigorífico;

iv) Área de reparos de aparelhos e recuperação do fluido frigorífico;

v) Tubulação de distribuição e armazenamento do fluido frigorífico;

vi) Outras áreas de trabalho (verificação de vazamentos, teste de segurança elétrica, teste final de operação/desempenho, áreas de embalagem).

Essas áreas estão listadas em uma ordem aproximada de risco, com o item (i) representando o maior risco e o item (vi) o menor risco. Isso fornece uma indicação do nível de consideração, do nível de segurança e o grau de controle necessário para aplicar naquela área a fim de garantir uma operação segura das instalações.

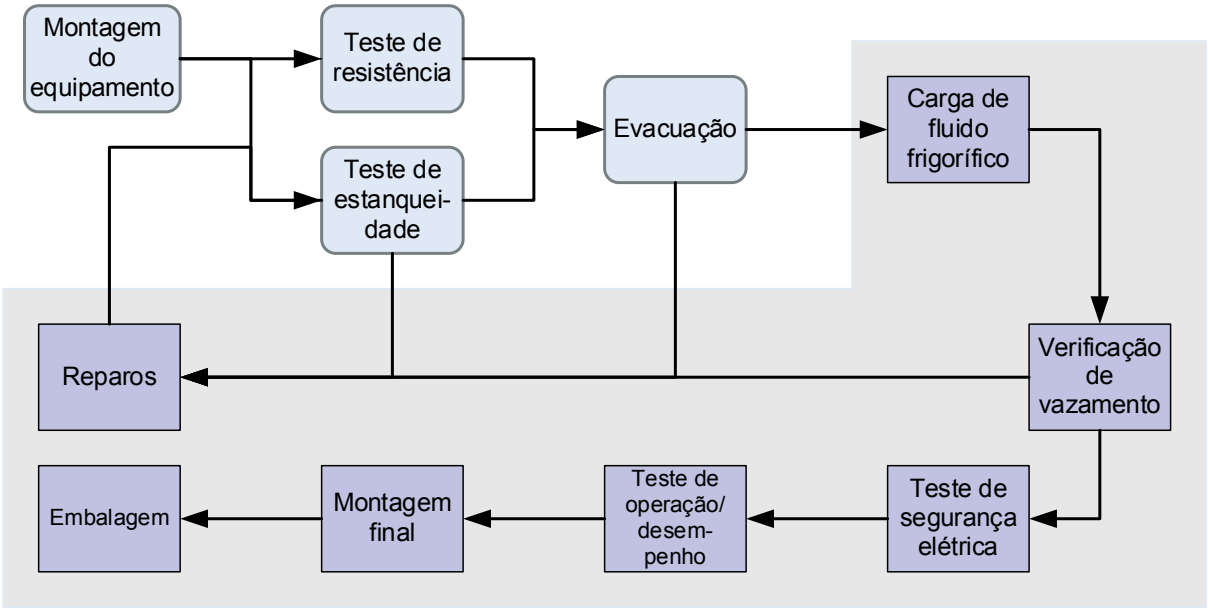
Em termos de linha de montagem ou produção real, há algumas áreas nas quais há risco de vazamento de fluido frigorífico inflamável, e estas são indicadas na Figura 17. Dessa forma, desde a etapa de realização da carga de fluido até a etapa de embalagem, há um potencial de emissão de fluido frigorífico. No caso de um equipamento defeituoso, este deve ser enviado à área de manutenção para remoção do fluido frigorífico e para a tomada de ações corretivas subsequentes.

A fim de garantir a segurança da operação da linha de produção e áreas associadas, um sistema de segurança deve ser introduzido. Os principais recursos de tal sistema de segurança devem incluir: um sistema de detecção de gás, um sistema de ventilação, sistema de controle associado, alarmes de advertência, indicações, sinais e instruções relacionados aos procedimentos. Além dos recursos físicos, é essencial fornecer treinamento especializado à equipe, que deve abranger:

- Trabalhadores;
- Supervisores;
- Equipe de manutenção;
- Gerentes de manutenção (facilities);
- Gerentes de operações.

A fim de assegurar que a instalação seja conduzida corretamente, é recomendado que a instalação e os procedimentos sejam aprovados por um organismo notificado, como TÜV (consulte a Parte 2). Um grande desafio é a integração desses elementos do sistema de segurança com os diversos setores de toda a instalação. As seções a seguir oferecem uma visão geral sobre como esse resultado pode ser obtido.

Figura 17: Processo de fabricação típico, identificando as áreas nas quais vazamentos de fluido frigorífico podem ocorrer




# 4.2 FORNECIMENTO DE FLUIDO FRIGORÍFICO

## 4.2.1 Armazenamento de fluido frigorífico

O armazenamento de fluido frigorífico deve ser feito em tanques ou cilindros de armazenagem de fluido, os quais devem ser posicionados externamente à área de produção ou à área das máquinas que realizam a carga de fluido. De acordo com o país, a área em que os tanques ou cilindros são posicionados deve ser demarcada (de acordo com as orientações relativas a áreas perigosas), e as regras relacionadas devem ser respeitadas.

Os tanques geralmente são fornecidos como recipientes de 1 ou 2 toneladas e são posicionados no lado de fora. Deve haver um ou mais recipientes de acordo com a demanda. O posicionamento e a forma de instalação desses recipientes estão normalmente sujeitos às regulamentações e códigos locais e nacionais. Geralmente essas regulamentações demandam os recursos incluídos na Tabela 6. Além disso, os operadores devem garantir a adoção das medidas necessárias para inspeção e manutenção do tanque e dos equipamentos relacionados. Isso geralmente é preparado por parte do fornecedor do fluido frigorífico HC.

Os cilindros devem ser usados de uma ou duas formas: tanto localizado fora da fábrica como posicionado dentro de uma máquina para realizar a carga de fluido frigorífico. Caso localizado na parte externa, eles geralmente estarão em uma área cercada e protegida ou compartimento especialmente construído para cilindros. Caso posicionado dentro de uma máquina para realizar a carga de fluido frigorífico, os cilindros cheios sem uso ou os cilindros usados vazios devem ser armazenados em uma área cercada e protegida ou em compartimento especialmente construído para cilindros situado no lado de fora e a certa distância da fábrica. O posicionamento e a forma de instalação dos cilindros em uma área cercada e protegida ou sala especial estão geralmente sujeitos a normas e códigos nacionais e locais. Geralmente, a construção de uma área cercada e protegida de cilindros ou de uma sala de cilindros exige os recursos contidos nas colunas da Tabela 6.

De igual maneira, os operadores devem garantir a adoção das medidas necessárias para inspeção e manutenção do tanque e dos equipamentos relacionados.

Tabela 6: Recursos de segurança para tanques de armazenagem de fluido, áreas e salas de cilindros e salas de bombas

| Recursos de segurança | Tanques | Áreas de cilindros | Salas de cilindros | Salas de bombas |
|---|---|---|---|---|
| Uma distância mínima de segurança entre sala/cilindros/ recipientes e arredores* | x | x | x | x |
| A área ao redor é cercada, fechada com cadeado e com acesso restrito somente às pessoas autorizadas | x | x | x | x |
| Sinais de advertência na entrada | | x | | |
| Uma parede de contenção para reter qualquer derramamento que possa causar acidente | x | x | x | x |
| Acesso fácil para serviços de entregas ou incêndio/emergência | x | x | x | x |
| Sistema de detecção de gás e alarmes associados | x | x | x | x |
| Botões de parada de emergência | x | x | x | x |
| Os recipientes devem possuir dispositivos de alívio de pressão | x | x | x | x |
| Indicação de nível de líquido no recipiente | x | | | |
| Sinais de advertência, sinalização de gases inflamáveis/área de risco nos recipientes e arredores | x | x | x | x |
| Ausência de fontes potenciais de ignição na área | x | x | x | x |
| Ausência de materiais combustíveis no perímetro imediato | x | x | x | x |
| A tubulação acima e abaixo do solo deve ser protegida contra danos acidentais ou corrosão | x | x | x | x |
| Uso de uma válvula de excesso de fluxo na saída do recipiente | x | | | |
| Ausência de drenos e declives | x | x | x | x |
| Aberturas de ventilação para a área externa | | | x | x |
| Sistema de dutos de ventilação | | | x | x |
| Alívio de explosão | | | x | x |
| Extintor de incêndio | | | x | x |
| Sistema de sprinklers | | | x | x |
| Piso antiestático | | | x | x |

*Essa distância é, muitas vezes, entre 3 m e 5 m, aproximadamente, mas depende muito das normas locais e condições associadas à instalação.

### 4.2.2 Bombeamento do fluido frigorífico e controle de abastecimento

A fim de transferir o fluido frigorífico dos recipientes para a área de procedimento da carga de fluido, é necessário o uso de equipamentos especiais. Estes incluem primeiramente uma bomba de transferência, mas também pode incluir válvulas kit inversor automático para gás ou "válvulas inversoras changeover" (em caso de dois ou mais cilindros ou tanques), válvulas reguladoras de pressão, válvulas de alívio de pressão, válvulas de fechamento "shut-off", medidores de pressão, entre outros. Geralmente esses equipamentos são armazenados em uma sala especial onde ficam as bombas, também classificadas como áreas perigosas. Essa área deve ser equipada com os recursos incluídos na Tabela 6.

Requisitos adicionais podem ser necessários, conforme definido por fornecedores de equipamentos e regulamentações nacionais.

### 4.2.3 Tubulação de distribuição e armazenamento de fluido frigorífico

A tubulação transfere o fluido frigorífico a partir da bomba para as máquinas que realizam a carga de fluido. Elas devem ser bem projetadas e devem ser suficientemente resistentes a ponto de evitar vazamentos. De preferência devem ser utilizados tubos de aço inoxidável soldados, que são preparados para resistir à corrosão. Além disso, deve estar protegido contra danos mecânicos ou impactos; isso geralmente se aplica à tubulação próxima ao solo nas áreas de trabalho. A tubulação deve ser equipada com sensores de pressão, de forma que o sistema de alarmes necessário possa alertar sobre o aumento de temperatura interna ou em caso de uma perda rápida de pressão do sistema. Contudo, esses sensores de pressão seriam ineficientes em caso de pequenos vazamentos.

Outra opção é monitorar a bomba de transferência de fluido frigorífico em caso de queda de pressão do fluido frigorífico, no qual um alarme pode ser emitido para a área de transferência. Adicionalmente, um dispositivo de alívio de pressão deve ser instalado, sempre que necessário, e ventilado para o lado de fora para o caso de acúmulo de pressão excessiva. Todo o trajeto da tubulação deve estar longe de fontes de ignição e não deve passar por áreas nas quais um vazamento possa resultar em acúmulo de fluido frigorífico. Sinais de alerta sobre gases inflamáveis devem ser aplicados em intervalos regulares por toda a extensão da tubulação. Todo o sistema de tubulação deve ser testado para garantir a estanqueidade e resistência, e durante toda sua vida útil, sujeito a inspeções regulares e verificações de vazamentos.

## 4.3 PRODUÇÃO DE EQUIPAMENTOS

### 4.3.1 Áreas de realização da carga de fluido frigorífico

Nessas áreas geralmente são utilizadas máquinas de carga de fluido especialmente projetadas. É altamente recomendado que sejam empregadas somente aquelas especialmente projetadas para uso com fluidos frigoríficos inflamáveis. Há três categorias de máquinas para realização da carga de fluido:

- Alimentadas com fluido frigorífico vindo de área remota;
- Alimentadas a partir de um cilindro nos arredores;
- Alimentadas a partir de um cilindro no seu interior.

Em todos os casos, essas máquinas devem incluir um detector de gás utilizado para iniciar exaustão interna em caso de vazamento inesperado. A taxa de ventilação dependerá da quantidade de fluido frigorífico contida na máquina, mas também dependerá da instalação de dispositivos de segurança incorporados associados a esse tipo de sistema a fim de prevenir que seja fornecido através da tubulação uma carga excessiva de fluido frigorífico na máquina. Dessa forma, uma quantidade de fluido frigorífico maior e a ausência de válvulas de bloqueio necessitarão de uma taxa de ventilação mais alta. No caso do cilindro de fluido frigorífico

estar distante da máquina, mas posicionado nos arredores, uma área fechada ou uma parede de contenção deve ser prevista, e no seu interior deve haver detectores de gás e sistema de ventilação pelo solo.

O procedimento de carga de fluido dos equipamentos deve ser realizado com o uso das conexões apropriadas de forma a minimizar o vazamento de fluido frigorífico na desconexão (assim como a quantidade de entrada de ar no sistema).

Sobre todas as áreas de carga de fluido deve haver um sistema de exaustão com coifa invertida própria para capturar qualquer vazamento de fluido frigorífico. Deve haver uma entrada para ventilação tanto entre a coifa invertida quanto no nível do piso, em caso de um vazamento maior. A detecção de gás deve ser instalada dentro da área de carga de fluido, posicionada de tal forma que qualquer vazamento relevante seja detectado. No caso de detecção de uma concentração anormal, deve haver um bloqueio no fornecimento de fluido frigorífico para a máquina de carga de fluido e a taxa de ventilação deve ser elevada. Deve haver ao menos uma parede de contenção ao redor da área de carga de fluido, a fim de conter qualquer vazamento acidental, e em alguns casos, todo o processo de carga de fluido pode ser realizado em uma sala especial pela qual passe a esteira industrial.

### 4.3.2 Área de reparos de equipamentos e recolhimento de fluido frigorífico

Caso um evento seja reprovado em um teste em algum ponto da linha de produção, pode ser necessário ter que iniciar alguns reparos. Caso o sistema já esteja com a carga de fluido frigorífico, geralmente é necessário removê-la antes de iniciar os reparos. Isso pode ser feito das seguintes formas:

- Recolha o fluido frigorífico, por meio de uma recolhedora específica para esse tipo de fluido, e realize uma limpeza com nitrogênio. Depois, realize o procedimento de vácuo com uma bomba de vácuo (que pode ser uma bomba convencional ou dependendo das condições também pode ser uma especial para usar em áreas de risco);
- Realize a exaustão do fluido frigorífico através do duto e, em seguida, realize uma limpeza com nitrogênio. Depois, realize o procedimento de vácuo com uma bomba de vácuo;
- Aplique um produto especialmente projetado para recolher.  Ele realiza o procedimento de vácuo e a exaustão sem interferência do operador;
- Use um dispositivo combinado de ventilação e vácuo (por exemplo, aqueles que usam ar comprimido por bomba venturi).

Seja qual for o método empregado, a área na qual a operação será realizada deve ser configurada de forma apropriada, e o equipamento usado deve ser compatível com o uso proposto. Por exemplo: as recolhedoras de fluido não devem possuir fontes potenciais de ignição, e se a bomba de vácuo não for apropriada para o uso com fluidos frigoríficos inflamáveis, esta deve ser utilizada em uma área especial e o sistema deve ser bem limpo com nitrogênio antes do uso. Em qualquer caso, para aprimorar o manuseio seguro do equipamento em sua abertura, o sistema evacuado deveria ser primeiramente limpo com nitrogênio a fim de remover o HC inerte.

Todo o trabalho que envolva o manuseio de fluido frigorífico deve ser realizado sobre uma coifa invertida, com detectores de gás incorporados e sistema de ventilação. Caso atividades como brasagem, testes elétricos, etc., precisem ser realizados, estes devem ser executados em áreas especiais. Detectores de gás manuais também devem ser disponibilizados. (Para necessidades adicionais, consulte a Parte 4.5 e a Parte 6.1 sobre áreas de trabalhos e reparos).

### 4.3.3 Outras áreas de trabalho

Há várias outras áreas de trabalho para dispositivos contendo fluidos frigoríficos HCs. Em cada uma destas, há a possibilidade de concentração de fluido frigorífico, por exemplo:

- Área de verificação de vazamentos – Podem ocorrer vazamentos menores indetectáveis anteriormente;
- Área de teste de segurança elétrica – Podem ocorrer vazamentos menores indetectáveis anteriormente;
- Área de testes de operação/desempenho – Podem ocorrer vazamentos menores indetectáveis anteriormente, ou vazamentos temporários podem ocorrer quando o condensador ou o evaporador, usados como testes, são conectados ou desconectados ao equipamento fabricado por meio de um conector de engate rápido;
- Área de montagem final, onde a produção do equipamento é concluída – Podem ocorrer vazamentos menores indetectáveis anteriormente;
- Área de embalagem, onde o equipamento é embalado e encaixotado – Podem ocorrer vazamentos menores indetectáveis anteriormente.

Uma vez que os equipamentos são transferidos de uma área para outra, seja por um transporte mecânico ou de forma manual, há possibilidade de vazamento em qualquer dessas fases. Portanto, recursos de segurança apropriados devem ser considerados e instalados sempre que necessário, incluindo:

Coifa invertida com sistema de ventilação incorporado;

- Detecção de gás;
- Botões de parada de emergência;
- Sinal de alarme sonoro e visual;
- Sinais de advertência;
- Sistema de controle e gestão de emergências apropriados.

Cada etapa deve ser avaliada para riscos de vazamentos, com a verificação da quantidade de vazamento e a possibilidade de ignição com base em atividades conduzidas naquela posição. Em alguns casos, todos esses recursos podem ser necessários, em outros casos, outros recursos podem ser necessários.

## 4.4 SISTEMA DE SEGURANÇA DA FÁBRICA

### 4.4.1 Introdução

Qualquer infraestrutura de produção deve sempre possuir um sistema de segurança incorporado na produção e/ou na área de trabalho. No presente contexto, um "sistema de segurança" é uma combinação de equipamentos e controles interligados, que permite que a instalação opere de forma segura e possa lidar, automaticamente, com situações perigosas sem incorrer em riscos aos trabalhadores. Os recursos principais de um sistema de segurança devem incluir:

- Sistema de detecção de gás;
- Sistema de ventilação;
- Alarmes de advertência;
- Sistema de controle;
- Marcações e sinais;
- Instruções e procedimentos.

### 4.4.2 Detecção de gás

A detecção de gás demanda que um determinado número de sensores seja alocado em posições apropriadas para garantir que qualquer concentração de fluido frigorífico seja identificada. O número e o posicionamento dos sensores demandam consideração cuidadosa de todos os pontos de vazamento potencial e a distribuição correspondente de tais vazamentos. Há uma diversidade de tipos de sensores de gás; é importante utilizar os aplicáveis a áreas perigosas, que não sejam suscetíveis à contaminação e que mantenham a precisão. Provavelmente os mais compatíveis são os do tipo infravermelho, e em segundo lugar, os do tipo catalítico de boa qualidade, contudo as implicações de custo e a presença de outras substâncias (as quais podem gerar leituras falsas) podem afetar a escolha. A fim de manter a operação do sistema de segurança, é necessário possuir sensores sobressalentes disponíveis e calibrá-los regularmente. O sistema de detecção de gás deve estar constantemente ativo.

### 4.4.3 Sistema de ventilação

Um sistema de ventilação bem projetado é usado para transferir para o lado externo o fluido frigorífico que vazou do sistema compreendendo coifas, grellas de exaustão, dutos e ventiladores. Para áreas de trabalho, coifas invertidas devem ser usadas para "coletar" o fluido frigorífico que vazou do sistema, a partir da área de trabalho e das grelhas de exaustão no nível do piso para remover outros derramamentos.

A descarga deve ser posicionada fora da planta de forma que qualquer fluido frigorífico dissipado não retorne aos galpões ou espaços ocupados. Geralmente os ventiladores possuem duas velocidades de forma que as duas configurações de vazão possam ser utilizadas: uma vazão mais baixa para a operação normal e uma vazão mais alta para operação de emergência. Os motores e as pás dos ventiladores devem ser classificados para áreas perigosas.

Também é recomendado instalar um segundo ventilador sobressalente em caso de falha do motor principal ou das pás. A vazão da ventilação é calculada de acordo com a posição do duto de entrada e a maior emissão de gás possível a partir da fonte de vazamento. Assim como acontece com os sensores de gás, o sistema de ventilação deve operar durante períodos de trabalho e de ausência, e somente poderá ser desligado se toda a instalação tiver sido descomissionada. Por fim, os sensores de pressão (pressostatos diferenciais) devem ser empregados para garantir que a ventilação esteja sempre funcionando. No caso de falha de ventilação, o fornecimento de fluido frigorífico deve ser interrompido.

### 4.4.4 Alarmes de advertência

Um conjunto de alarmes de advertência deve ser distribuído sobre a produção e em outras áreas, de forma que numa situação de emergência, tanto os trabalhadores como os gerentes responsáveis sejam avisados. Tanto sinais visuais (lâmpadas coloridas) como sonoros devem ser empregados. Diferentes níveis de alarme devem ser usados para indicar o nível de risco. Por exemplo, uma lâmpada verde indica que é seguro trabalhar, uma lâmpada amarela indica a detecção de uma baixa concentração de fluido frigorífico e uma lâmpada vermelha indica uma concentração maior ou uma falha em outro sistema. Os alertas devem poder ser vistos por todos os funcionários, sejam da área de produção ou dos escritórios.

### 4.4.5 Sistema de controle

É necessário que um sistema de controle atue como ponto central de recebimento de sinais a partir dos detectores de gás, sensores de pressão de ventilação, recipiente de gás ou sensores de pressão da tubulação, botões de emergência etc. De forma similar, o sistema de controle envia os sinais necessários para ativação dos alarmes visuais e sonoros, parando bombas e/ou operação de máquinas de carga de fluido, ativa válvulas de fechamento etc., conforme a necessidade de acordo com os sinais de entrada.

Todo o sistema (controles, sistema de ventilação, detecção de gás etc.) deve ter um sistema de alimentação ininterrupta de energia (uninterruptible power supply, UPS, ou conhecido por No-break), que manterá a operação por um período mínimo (por exemplo: uma hora). Além disso, o sistema de controle deve ser

projetado de modo a ser à prova de falhas, por exemplo, caso algo aconteça que possa resultar em um sinal que não acione um recurso de segurança (por exemplo: uma falha de sistema de alimentação elétrica, pressão de ar do sistema pneumático, uma parte do sistema de ventilação, um sinal de detecção de gás, entre outros), todos os fornecimentos de fluido frigorífico devem ser fechados e o fornecimento de energia desligado (por exemplo: usando válvulas normalmente fechadas, contatores, entre outros).

Deve também ser considerado o uso de controles pneumáticos em vez dos elétricos a fim de eliminar as fontes potenciais de ignição. Durante a operação normal, os diferentes níveis de alarmes, ventilação, etc., podem ser ativados de acordo com diferentes concentrações de gases medidas (por exemplo, 15% de LII, 30% de LII, etc.).

### 4.4.6 Marcação e sinais

A marcação e a sinalização correspondentes são necessárias em todas as posições críticas, a fim de assegurar que os profissionais tenham consciência da natureza do equipamento, e para minimizar a possibilidade de interferência com o equipamento de segurança. Os sinais e as advertências devem incluir: "gás inflamável", "leia as instruções antes de usar", "área perigosa", "acesso somente às pessoas autorizadas" e similares (veja a Figura 18).

Figura 18: Exemplos de sinalização apropriada

### 4.4.7 Instruções e procedimentos

Um aspecto essencial do sistema de segurança é o desenvolvimento e o uso apropriado das instruções e procedimentos de trabalho. Estes devem ser escritos de forma abrangente e distribuídos a todos os profissionais envolvidos com o processo.

Tais materiais devem cobrir, mas não se limitar a:

- Operação correta de todos os equipamentos da produção;
- Operação correta de todos os equipamentos relacionados à segurança;
- Mecânica e lógica do sistema de segurança;
- O que fazer em caso de emergência;
- Estrutura organizacional e procedimentos;
- Manuseio de gases inflamáveis com segurança;
- Procedimentos de trabalho corretos / e com segurança;
- Procedimentos de manutenção;
- Uma lista abrangente contendo as ações proibidas (assim como modificações não autorizadas ou outros trabalhos realizados em qualquer sistema de segurança).

As instruções e os procedimentos aplicáveis devem ser incluídos para processos de aprovação por órgãos reguladores.

## 4.5 CONSIDERAÇÕES PARA ÁREAS DE SERVIÇOS/REPAROS

### 4.5.1 Introdução

As áreas de serviços e de reparos dentro de áreas de produção de baixa escala e departamentos de serviço/manutenção demandam considerações cautelosas de projeto de modo a garantir um ambiente de trabalho bastante seguro. Uma avaliação abrangente de riscos deve ser conduzida antes da configuração e da instalação da área. Os documentos relacionados às áreas acima detalhadas podem ser obtidos a partir de orientações relacionadas às áreas perigosas.

Uma área de serviço /reparos é normalmente planejada para serviços/recondicionamento de equipamentos, e não para fabricação dos equipamentos. Outros processos, como o recolhimento de fluido frigorífico, testes de vazamentos e desempenho de equipamentos também podem ser realizados nessa área.

O texto a seguir determina as exigências gerais para que sejam evitados riscos elétricos e de incêndios em máquinas de carga de fluido e em equipamentos que são fabricados nesse processo, mas também são aplicáveis a todos os outros maquinários e processos utilizados em outras operações realizadas na área de carga de fluido.

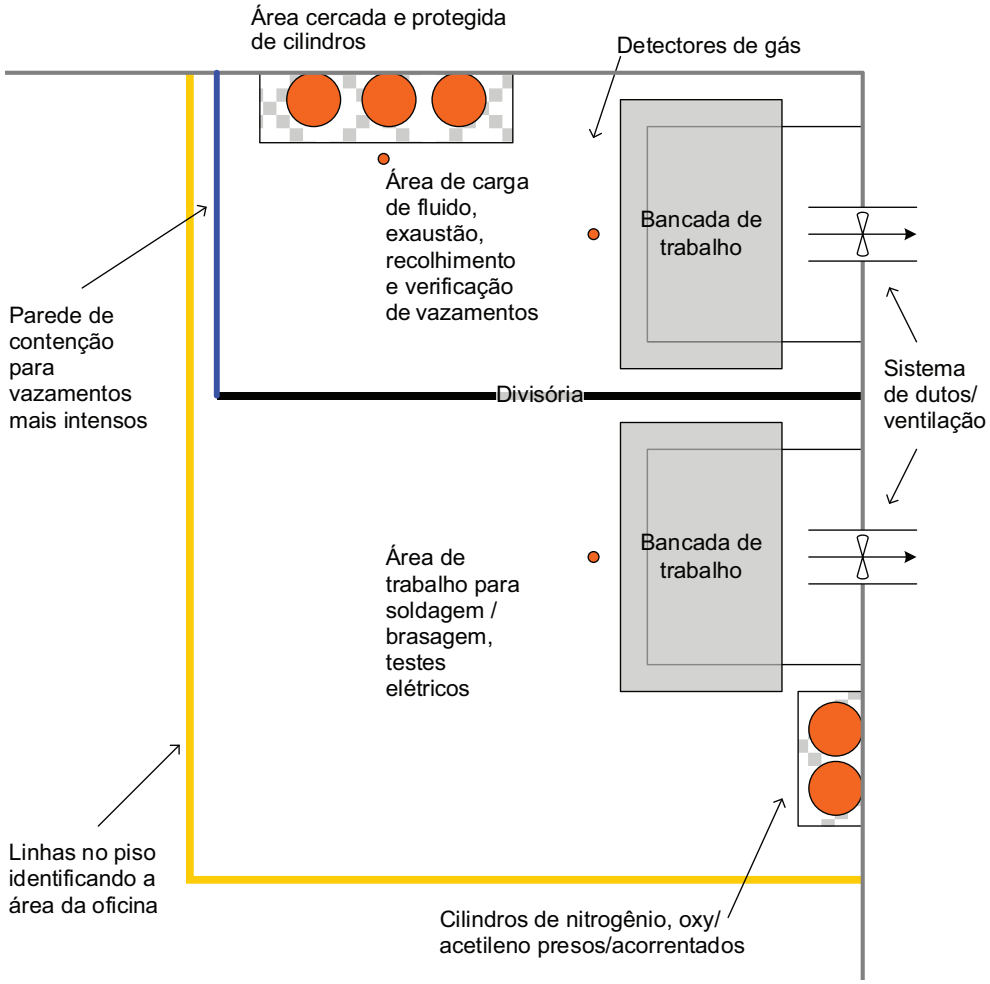
Todos os funcionários que trabalham na área de carga de fluido devem receber treinamento compatível, no uso de fluidos frigoríficos inflamáveis e no uso de extintores de incêndio para combate de chamas em fluidos frigoríficos HCs. Não deve ser permitido o acesso não autorizado na área de carga de fluido. Todo o trabalho realizado deve estar de acordo com os procedimentos compatíveis com o uso de fluidos frigoríficos inflamáveis, por exemplo, aqueles contidos na Parte 6 deste manual.

### 4.5.2 Layout da área

Um layout sugerido para a área da oficina de serviço é apresentado na Figura 19. Ele é dividido em duas áreas distintas: uma para manuseio de fluido frigorífico e outra para serviços elétricos e de soldagem/brasagem. Algumas partes da oficina onde ocorrerá o manuseio do fluido frigorífico devem ser classificadas como áreas perigosas. Os equipamentos elétricos e outros equipamentos que de outra forma possam ser uma fonte potencial de ignição devem ser submetidos às exigências das chamadas áreas de zona 2.

A área deve ser identificada de forma adequada em todos os lados, e especialmente nas entradas, com avisos que alertem para a presença de fluido frigorífico HCs. É preferível a construção de uma parede de contenção com um portão ao redor da área de carga de fluido – com aproximadamente entre 0,50 a 1,0 m de altura – para o caso de locais que possam existir vazamentos mais intensos. Toda a área de trabalho também deve ter o piso identificado com linhas amarelas visíveis.

Figura 19: Layout sugerido para área de serviços /reparos


Área cercada e protegida de cilindros
Detectores de gás
Área de carga de fluido, exaustão, recolhimento e verificação de vazamentos
Bancada de trabalho
Parede de contenção para vazamentos mais intensos
Divisória
Sistema de dutos/ ventilação
Bancada de trabalho
Área de trabalho para soldagem / brasagem, testes elétricos
Linhas no piso identificando a área da oficina
Cilindros de nitrogênio, oxy/ acetileno presos/acorrentados

Além disso, deve haver avisos indicando:

- Uma advertência – “Altamente inflamável”;
- Uma advertência – “Somente pessoas autorizadas”;
- Um símbolo de advertência – Gás inflamável;
- Um sinal de proibição – Proibido fumar ou produzir chamas.

Em ambas as áreas devem haver extintores de pó químico. Os cilindros de fluido frigorífico devem de preferência ser armazenados no lado de fora, e os cilindros de fluido frigorífico em uso devem ser mantidos em uma área cercada e apropriada para gases inflamáveis.

### 4.5.3 Sistema de segurança da área de serviço

O sistema de segurança para a área de serviço deve compreender de forma primordial os equipamentos de ventilação e detecção de gás.

Detectores permanentes de gás HC devem ser usados na área para detectar concentrações perigosas de fluido frigorífico HC. Em casos de detecção de concentrações de gás de até 20% de LII (por exemplo: menos de 0,4% por volume), devem ser ativados alarmes sonoros e visíveis (luz piscante), dispositivos de fechamento automático e ventilação forçada adicional.

Os detectores de gás HC devem ser localizados no nível do piso e em ambos os lados do equipamento de manuseio de fluido frigorífico e em locais com possibilidade de ocorrência de vazamento. Eles devem ser posicionados no caminho das aberturas de ventilação natural e forçada a fim de garantir sua eficácia. Um sensor único no nível do piso cobrirá uma área não maior que 30 m², entretanto, recomenda-se uma maior quantidade de sensores quando necessário. Os detectores de gás devem ser calibrados em intervalos regulares, segundo recomendação do fabricante. Conforme seja praticável, os sensores dos detectores devem ser protegidos contra a entrada de material estranho, substâncias que possam "contaminar" um sensor catalítico, e também contra danos mecânicos.

O sistema de ventilação forçada deve ser instalado em todas as áreas nas quais os fluidos frigoríficos HCs estejam em uso. Geralmente são necessários dois estágios de ventilação, a fim de atender os seguintes fatores:

- Manter a concentração fluido frigorífico/ar abaixo de 1000 ppm para fluidos frigoríficos HCs;
- Remover concentrações perigosamente altas de fluido frigorífico o mais rápido possível a fim de reduzir o risco de chamas e explosão.

As coifas invertidas devem ser posicionadas abaixo das superfícies de trabalho as quais são para trabalho no sistema e que necessitem de manuseio de fluido frigorífico. Pelo menos 50% da vazão de entrada de ventilação deve ser tomada no nível do piso e pontos inferiores ao redor de áreas com maior potencial de vazamento. A vazão de ar deve ser removida para o exterior, especificamente para um local seguro longe de fontes de ignição, portas e janelas, entradas do sistema de ventilação e áreas ocupadas. Os detectores de vazão (por exemplo: pressão) de ventilação devem ser usados nos dutos de ventilação para monitorar a vazão. O volume da vazão de ventilação é calculado de acordo com a quantidade de fluido frigorífico em uso, e a quantidade que pode vazar em um dado intervalo.

Deve haver botões de emergência posicionados em locais convenientes para permitir que os operadores desliguem equipamentos elétricos e, se necessário, iniciem a ventilação.

### 4.5.4 Práticas de trabalho

Muitos acidentes são causados por falha humana, e, portanto, deve ser definido um conjunto de procedimentos seguros de trabalho. O foco de tais procedimentos é ajudar a evitar o vazamento e a ignição de fluidos frigoríficos HCs. Todas as pessoas com acesso à área da oficina devem ter total conhecimento de tais procedimentos. As regras gerais para os trabalhadores nas áreas de oficina/reparos são as mesmas detalhadas na Parte 6 para atividades de manutenção e execução de serviços. O foco dessas regras é que em hipótese alguma deve haver uso de chamas (ex.: maçaricos) na área de carga de fluido.

### 4.5.5 Equipamentos para área da oficina

A seção a seguir oferece uma lista não muito extensa de equipamentos de serviço, equipamentos de proteção e documentação geralmente utilizados em áreas de oficina/reparos.

**Equipamentos de serviço:**

- Detector eletrônico de vazamentos (compatível com HCs);
- Água e sabão (ou latas de spray para detecção de vazamentos);
- Cilindros de fluido frigorífico (R290, R600a, etc.);
- Cilindro para recolhimento de fluido frigorífico;
- Cilindro de nitrogênio (nitrogênio seco sem oxigênio);
- Bomba de vácuo e vacuômetro;
- Recolhedora de fluido frigorífico (compatível com uso com HCs);
- Mangueira usada para liberar o fluido frigorífico para uma área segura;
- Balanças convencionais /eletrônicas;
- Conjunto de manômetros e mangueiras (manifolds);
- Ferramentas manuais incluindo chave inglesa, alicates, chave catraca, entre outros.

**Documentação:**

- Adesivos de gás inflamável;
- Adesivos de fluidos frigoríficos R290, R600a, etc;
- Sinalização de gases inflamáveis;
- Sinais “Não entre” ou equivalentes;
- Régua/tabela ou softwares de propriedades dos fluidos frigoríficos para R290, R600a, etc.

**Equipamentos de proteção:**

- Extintor de incêndio;
- Luvas;
- Óculos de proteção.

# 4.6 TRANSPORTE DOS SISTEMAS

## 4.6.1 Introdução

É necessária respeitar as regulamentações nacionais e internacionais caso equipamentos de refrigeração que contenham uma carga de fluido frigorífico HC esteja em transporte. Geralmente são exigências específicas definidas pela quantidade da carga de fluido que há dentro do equipamento. Em geral, as regulamentações aplicáveis determinam embalagem e marcação adequadas. As empresas de transporte também devem ser avisadas ao transportar equipamentos contendo fluidos frigoríficos HCs. Os fluidos frigoríficos HCs são demarcados com o número de identificação das Nações Unidas UN 1965, e os sistemas de refrigeração contendo fluidos frigoríficos inflamáveis são demarcados com o número de identificação das Nações Unidas UN 3358.

As seções a seguir descrevem resumidamente normas de transporte de equipamentos contendo gases inflamáveis. Observe que de acordo com outros requisitos, a carga de fluido frigorífico é considerada por circuito de fluido frigorífico.

### 4.6.2 Transporte terrestre

O transporte realizado por rodovias e ferrovias na Europa segue a norma Articles Dangereuses par Routier, 2009 (ADR)[15]. Equipamentos que contenham menos de 12 kg de fluidos frigoríficos inflamáveis são isentos de regulamentações para transporte, desde que tenham um projeto adequado (ou seja, estejam de acordo com as normas de segurança apropriadas). Quando a carga ultrapassar os 12 kg, o equipamento estará sujeito às adequações necessárias relacionadas a quaisquer recipientes que contenham gases inflamáveis.

As Recomendações das Nações Unidas para Transporte de Mercadorias Perigosas de 2007 (TDGR)[16] geralmente se aplica ao transporte por rodovias ou ferrovias fora da Europa. Equipamentos contendo menos de 12 kg de fluidos frigoríficos inflamáveis são isentos das regulamentações para transporte desde que tenham um projeto adequado. Quando a carga ultrapassar os 12 kg, o equipamento estará sujeito ao teste de resistência com pressão de ao menos três vezes a pressão máxima e atender às exigências de embalagem detalhadas nessas normas.

As exigências da ADR e do modelo de regulamentações das Nações Unidas são praticamente as mesmas.

### 4.6.3 Transporte marítimo

O código IMDG (International Maritime Dangerous Goods Code / Código internacional marítimo para cargas perigosas), de 2008[17] prescreve as exigências para transporte de equipamentos por via marítima. Máquinas de refrigeração contendo menos de 100 g de fluido frigorífico inflamável não estão sujeitas à regulamentação. Em qualquer outro caso deve haver uma marcação especial na embalagem. As máquinas de refrigeração devem ser transportadas fora da embalagem em caixotes ou outras embalagens/recipientes apropriadas, desde que o equipamento tenha passado por testes de pressão e tenha sido projetado para evitar o vazamento de fluido frigorífico durante as condições de transporte. Contudo, para cargas inferiores a 12 kg essas exigências não se aplicam.

### 4.6.4 Transporte aéreo

A Organização internacional de aviação civil/Associação internacional de transporte aéreo, 2009 (IATA, International Air Transport Association)[18] determina as normas para o transporte aéreo. Ela proíbe o transporte de equipamentos contendo mais de 0,1 kg seja em aviões de carga ou de passageiros. Em casos de necessidade por transporte aéreo, as normas permitem que até 150 kg de fluido frigorífico inflamável sejam transportados por cilindro, assim a carga de fluido frigorífico do sistema pode ser feita.

## 4.7 ARMAZENAMENTO DOS SISTEMAS

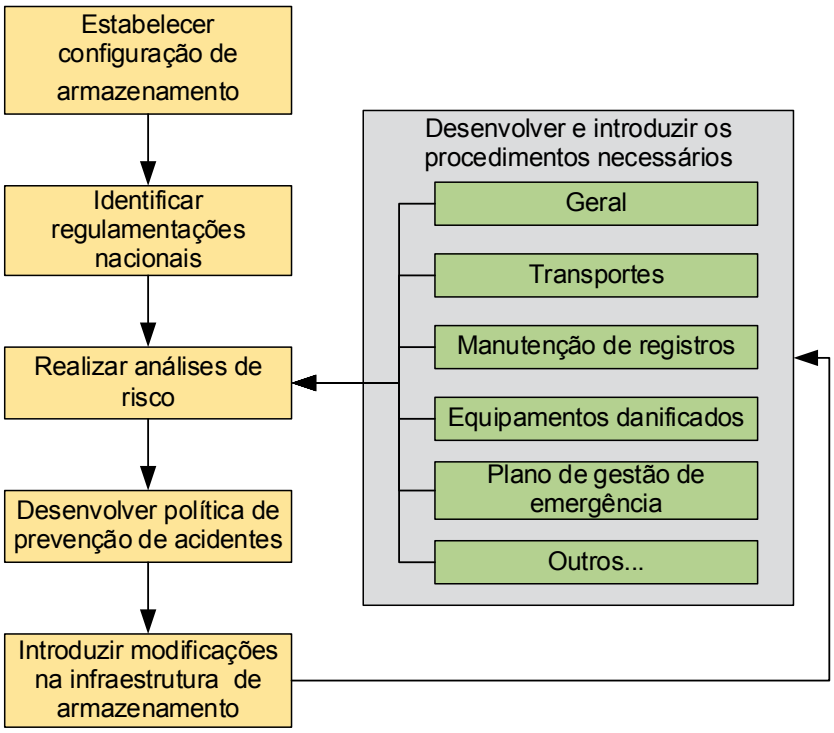
### 4.7.1 Introdução

As normas de segurança de RAC (refrigeração e ar condicionado) geralmente não se aplicam ao armazenamento de determinados produtos e equipamentos em locais para estocagem desses produtos ou outros locais semelhantes. Contudo, na maioria dos casos as normas nacionais devem ser aplicadas. Em geral, essas normas indicarão a necessidade de execução de uma avaliação de riscos a fim de identificar as exigências para a área de armazenamento e verificar a configuração planejada. Observe que onde as empresas contratarem instalações terceirizadas de logística, deve-se assegurar que essas empresas também atendam a tais normas de segurança.

15 http://www.unece.org/trans/danger/publi/adr/adr2009/09ContentsE.html
16 http://www.unece.org/trans/danger/publi/unrec/rev15/15files_e.html
17 http://www.imo.org/Safety/mainframe.asp?topic_id=158
18 http://www.iata.org/ps/publications/dangerous-goods-regulations-dgr.htm

O trecho a seguir oferece uma indicação geral sobre os tipos de tarefas que podem ser realizadas. Em geral, o método ilustrado na Figura 20 deve ser respeitado.

Figura 20: Método geral o qual dever ser respeitado nos casos de armazenamento e estocagem de equipamentos




Normalmente, a infraestrutura para estocagem e armazenamento contém uma grande variedade de materiais perigosos, de forma que medidas apropriadas devem ser adotadas. Contudo, no caso de manuseio de sistemas de RAC que usam fluidos frigoríficos inflamáveis, considerações adicionais devem ser necessárias. Os aspectos a seguir devem ser atribuídos aos empregadores e empregados dos locais de armazenamento e estocagem, pelos quais deverão ser responsabilizados:

- Identificar a configuração atual (ou configuração proposta no caso de novas instalações);
- Identificar e familiarizar-se com as regulamentações nacionais;
- Realizar avaliações de riscos;
- Estabelecer a política de prevenção de acidentes;
- Introduzir mudanças de projeto e modificações da infraestrutura desses locais;
- Desenvolver e impor novos procedimentos, relacionados a práticas gerais, expedição (entrada/saída), manutenção de registros, para equipamentos danificados e emergências;
- Reconsiderar e revisar a análise de riscos.

Observe que deve haver revisões periódicas da avaliação de riscos a fim de garantir que quaisquer alterações em equipamentos, práticas e experiências tenham sido levadas em consideração.

Em termos de regulamentações nacionais, caso a quantidade total de material inflamável armazenado exceda determinado limite, as autoridades locais podem ser informadas e da mesma maneira ser diretamente envolvidas nas avaliações de riscos e no desenvolvimento de procedimentos.

### 4.7.2 Avaliação de riscos

A configuração e a operação da infraestrutura dos locais para estocagem e armazenamento devem ser amplamente baseadas nas conclusões e nos resultados da avaliação de riscos; uma vez que essa infraestrutura pode ser muito diferente conforme as empresas, localidades e variações de regulamentações locais, e não é possível fornecer um conjunto específico de orientações.

A avaliação de riscos deve ser realizada com relação aos riscos considerados, sendo estes:

- Radiação térmica derivada no incêndio no local de armazenamento;
- Riscos de explosões.

Esses riscos devem ser descritos detalhadamente, considerando-se a dificuldade em separar cada um desses riscos associados a cada uma das substâncias existentes nesses locais de armazenamento, levando em conta, portanto, o efeito combinado. Também é importante garantir que as quantidades de materiais inflamáveis envolvidas sejam corretamente determinadas. Nesse caso a avaliação deve se basear na quantidade de materiais inflamáveis contida no local, sendo maior que:

(a) A quantidade máxima armazenada por um curto período, mesmo que em menos de um dia, por ano, levando-se em consideração as demandas sazonais e flutuações nos negócios;

(b) A quantidade máxima a ser armazenada em um futuro próximo (1 ano).

A avaliação de riscos deve ser amplamente baseada nas diversas características do local e dos equipamentos, como:

- Localização da fábrica;
- Natureza das operações de armazenamento;
- Natureza e localização dos materiais armazenados;
- Áreas separadas para armazenamento de substâncias inflamáveis;
- Sistemas de drenagem;
- Presença de vizinhos com risco potencial;
- Descrição dos centros populacionais próximos, como áreas residenciais e locais de trabalho;
- O número máximo de pessoas no local e em seus arredores;
- A quantidade total de substâncias perigosas e as quantidades máximas de cada uma das substâncias;
- Tipos e características das embalagens.

Essa lista não contém todos os elementos, e os itens mais específicos que serão abordados nas próximas seções também devem ser considerados. Os métodos para uma avaliação de riscos integrada descritos na Parte 5 devem ser usados para auxiliar em tais avaliações de riscos, embora seja necessário buscar orientações específicas para essa situação em particular.

Com base no resultado da avaliação de riscos, os empregadores, proprietários e funcionários da fábrica devem adotar medidas adequadas de segurança para eliminar ou controlar o risco de incêndio e explosões aos trabalhadores e outros ocupantes. Tais medidas devem incluir os meios para evitar o acúmulo de atmosferas potencialmente explosivas, prevenção de fontes potenciais de ignição, introdução de treinamento específico e procedimentos de emergência. Se após a implantação de todas essas ações ainda se descobrir que ainda existem altos riscos, as exigências a respeito de áreas perigosas devem ser reconsideradas.

### 4.7.3 Política de prevenção de acidentes

Os empregadores devem garantir que os responsáveis e trabalhadores dos locais de estocagem (sejam eles funcionários ou terceiros) desenvolvam uma política abrangente de prevenção de acidentes. Essa política deve ser amplamente documentada, geralmente em cooperação com autoridades locais. Tais políticas devem ser amplamente aplicadas e os sistemas postos em prática a fim de garantir a implantação total.

A gestão de emergências deve ser orientada por procedimentos de emergência bem pensados e praticados para quaisquer eventualidades. Os planos devem considerar todos os principais riscos possíveis, e devem ser desenvolvidos de modo a incluir os seguintes aspectos:

- O local deve ser equipado com alarmes de incêndio do tipo quebra-vidro em locais estratégicos;
- Um sistema de alarmes que possa ser ouvido pelos colaboradores;
- Deve haver pelo menos dois pontos de encontro para evacuação de emergência;
- Os procedimentos de evacuação de emergência devem ser amplamente divulgados;
- Equipes de todos os níveis devem ser instruídas a não hesitar sobre acionar os alarmes em caso de chamas que aparentem estar fora de controle;
- Imediatamente ao ser acionado o alarme, a equipe de brigada de incêndio deve tentar controlar as chamas;
- Caso o incêndio seja no local de armazenamento, a equipe local de brigada de incêndio deve ser imediatamente reunida e o alarme deve ser acionado;
- Deve haver uma sala bem equipada destinada a primeiros socorros.

É também obrigatório disponibilizar informações úteis de combate a incêndios. Isto inclui a emissão de premissas sobre tipos e quantidades de materiais perigosos, localização e tipo dos extintores de incêndios e a quem recorrer em caso de emergência.

### 4.7.4 Configuração dos locais de armazenamento

A área de armazenamento deve ser projetada, construída e equipada para sempre armazenar substâncias perigosas de forma eficiente. A empresa também deve desenvolver orientações para armazenamento de produtos e equipamentos em questão. Essas orientações devem descrever as condições sob as quais todas as substâncias perigosas devem ser armazenadas. A lista a seguir inclui uma variedade de aspectos para consideração:

**Projeto e construção das instalações de forma segura:**

- Construção em local seguro;
- Construção resistente e com segurança, considerando o layout e as estantes/prateleiras necessariamente resistentes para suportar os produtos armazenados;
- Compartimentos protegidos contra incêndios em dimensão apropriada, formados por paredes com blocos de concreto, construídas essencialmente em materiais não inflamáveis (estrutura metálica /tijolos/ blocos de concreto);
- Portas corta-fogo;
- Não construir locais de armazenamento em ambientes que estejam entre porões ou sótãos e sem acesso direto abaixo do solo;
- Pelo menos um ponto de entrada de emergência na planta;
- Piso impermeável para cada espaço de armazenamento;
- Instalação elétrica de alta qualidade;

- Nível adequado de iluminação natural ou artificial;
- Precauções de segurança, como uma cerca em todo perímetro, alarmes contra invasores;
- Construção de diques e drenagem;
- Iluminação local/no perímetro em caso de inundação;
- Formação de áreas demarcadas quando necessário (ventiladas e sem fontes de ignição).

**Sistemas de emergência:**

- Rotas adequadas para evacuação de emergência em todas as edificações;
- Rotas claras de saída, sem travas nas portas de saída;
- Precauções contra incêndios, sistemas de detecção e de sprinklers de espuma/água, sinais de alarme correspondentes, alarmes de fumaça;
- Equipamentos adequados de combate a incêndios;
- Sistemas de ventilação, possibilidade de ventilação adicional de emergência com detecção de gás;
- Sistema de sprinklers instalado dentro de estruturas porta-paletes (splinklers in-racks);
- Disponibilidade e acesso a equipamentos de proteção individual, primeiros socorros, ducha oftálmica de emergência (lava olhos portáteis), entre outros;
- Gerador de emergência.

**Armazenamento:**

- Tipos de embalagens;
- Altura do armazenamento;
- Processo de estocagem;
- Procedimentos de segregação e separação – distâncias mínimas de separação (por exemplo: 2 metros);
- Empilhadeiras a serem usadas.

**Treinamento aos ocupantes:**

- Informações e treinamentos adequados a todos os ocupantes e operadores;
- Permissões para trabalho em quaisquer partes das instalações do local ou seus equipamentos;
- Processos de recebimento e expedição de materiais.

**Documentação e sinalização:**

- Fichas de dados de substâncias perigosas;
- Marcações e sinalização de segurança.

**Operações:**

- Patrulhas/guardas noturnos;
- Portaria 24 horas;
- Acompanhamento dos visitantes durante toda a estadia na planta;
- Política antifumo.

### 4.7.5 Procedimentos gerais

Os procedimentos devem ser desenvolvidos de forma generalizada, mas também para atividades que envolvam expedição e recebimento de materiais, manutenção de registros, para equipamentos danificados e para emergências. Os procedimentos gerais são necessários para garantir que a operação da infraestrutura do local de estocagem seja conduzida corretamente e que as medidas gerais de segurança não sejam comprometidas. Os procedimentos gerais devem incluir os seguintes fatores:

- Manter boas práticas de limpeza e organização;
- Inspeções semanais e testes dos sprinklers e outros sistemas de combate a incêndios;
- Manter os paletes, racks e prateleiras em boas condições;
- Manutenção de saídas de incêndio, rotas de emergência e iluminação;
- Presença de extintores;
- Inspeções diárias de empilhadeiras e outros equipamentos de transporte;
- Manutenção de equipamentos de proteção individual e de emergência (duchas, higiene ocular, entre outros);
- Garantir a existência e boa aparência de sinais e marcações;
- Programação para verificação de rotina dos vazamentos nas embalagens;
- Atualização de treinamentos para os trabalhadores;
- Manutenção de registros (banco de dados em computador).

Outros aspectos também poderão ser considerados.

### 4.7.6 Procedimentos de expedição/recebimento

Para o manuseio de equipamentos que chegam ou saem do local de armazenamento, devem ser considerados os seguintes aspectos:

- Instruções de segurança para carga e descarga;
- A forma como os veículos e as empilhadeiras são operados;
- Manuseio de materiais danificados ou deteriorados;
- Rotulagem;
- Métodos de embalagem, garantir a inexistência de eletricidade estática;
- Inspeção de estocagem;
- Verificação das vedações prevenindo vazamentos;
- Presença e disponibilidade de detectores de gás portáteis;
- Garantias de que o condutor do veículo possua os documentos necessários como: as fichas de dados de segurança ou as fichas de emergência para transporte de produtos perigosos;
- Boa sinalização, especialmente em caso de presença de trabalhadores que falam diferentes idiomas.

É necessário avaliar as práticas realmente aplicadas e garantir que os procedimentos desenvolvidos reflitam as práticas reais e não causem empecilhos inesperados.

### 4.7.7 Procedimentos de manutenção de registros

Deve-se introduzir um método abrangente de manutenção de registros, relacionado aos equipamentos em questão. As informações sobre o armazenamento devem incluir:

- Nomes químicos e nomes comerciais, quando aplicáveis;
- Categoria de risco;
- Localização;
- Detalhes do fabricante;
- Detalhes de armazenamento;
- Detalhes de funcionários/tripulação;
- Equipamentos de combate a incêndios;
- Equipamentos de primeiros socorros;
- Informações dos sprinklers;
- Lista de outros equipamentos relacionados à área de armazenamento;
- Detalhes das instalações elétricas;
- Detalhes de drenagem;
- Riscos potenciais à brigada de incêndio;
- Riscos/perigos internos, em caso de incêndio, em relação aos prédios, às fábricas, ou aos equipamentos e outros itens presentes no local;
- Riscos/perigos externos, em caso de incêndio, em relação às pessoas, à natureza e às construções próximas.

Os procedimentos acima devem ser planejados de modo a auxiliar as operações de combate a incêndios em caso de chamas de grandes proporções. Também devem aprimorar a gestão da prevenção de acidentes e facilitar a minimização de suas consequências, para a equipe, para a polução e para o meio ambiente.

### 4.7.8 Procedimentos relacionados a equipamentos danificados

É possível que os sistemas estejam danificados. Isso pode ocorrer dentro do próprio local de armazenamento, ou, o aparelho já poderia estar danificado antes de ser recebido nesse local. Em ambos os casos é essencial possuir procedimentos adequados para lidar com equipamentos que apresentem vazamentos. A fim de lidar com tais situações, as empresas devem possuir o equipamento apropriado para esse tipo de situação. Os procedimentos descritos para lidar com vazamentos devem incluir:

- Recolhimento do fluido frigorífico;
- Armazenamento do fluido frigorífico recolhido;
- Layout da área da oficina de trabalho;
- O desenvolvimento de um controle especial das fontes de ignição nas áreas que apresentem riscos.

Os trabalhadores que tratam de tais vazamentos devem ter acesso a:

- Dados completos sobre os riscos;
- Equipamentos de proteção individual apropriados (óculos de segurança, etc.);
- Extintores de incêndio;
- Detectores de gases hidrocarbonetos.

Equipamentos danificados ou com vazamentos devem ser armazenados em área/prédio adequado bem longe do local de armazenamento principal e que seja bem ventilado, equipado com recursos de segurança e possua áreas segregadas em conformidade com as normas de segregação para substâncias perigosas (seções relacionadas na Parte 4.5.3 e na Parte 6 também devem ser consultadas).

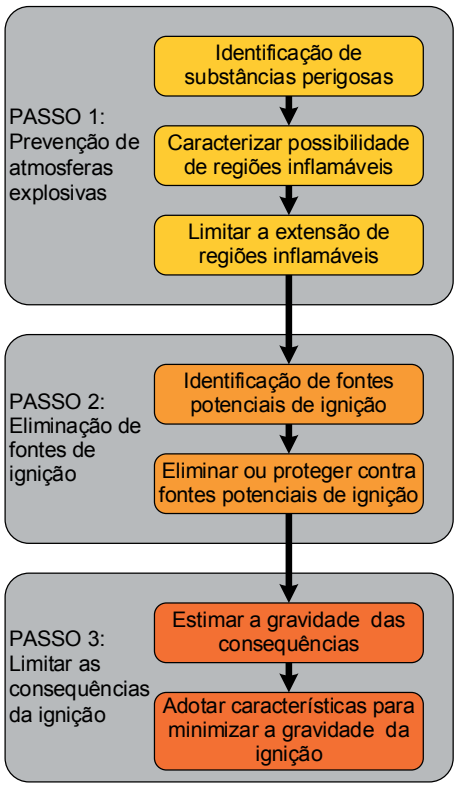
# PARTE 5: PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO

## 5.1 INTRODUÇÃO AOS CONCEITOS DE PROJETO PARA OPERAÇÃO SEGURA DE SISTEMAS COM HIDROCARBONETO

### 5.1.1 Segurança integrada

O cuidado com as considerações do projeto e construção de sistemas e instalações é essencial para que se atinja um alto nível de segurança nesses sistemas. O princípio de segurança integrada deve ser aplicado, independentemente se o sistema é um equipamento integrado tipo "stand-alone" ou uma grande instalação com um sistema central. Assim, o risco de inflamabilidade é tratado usando um conjunto de medidas de prevenção contra ignição e, caso o risco de ignição não possa ser inteiramente evitado, técnicas para proteção contra as consequências da ignição devem ser consideradas. Quando um risco de inflamabilidade tiver sido identificado, deve ser tomada uma abordagem sistemática para minimizar o risco. Isso consiste em três passos principais: primeiramente, se possível, evitar a formação de atmosferas explosivas; segundo, evitar a ignição de quaisquer atmosferas explosivas que possam ocorrer; e finalmente, minimizar ao máximo a possibilidade de chamas e pressões caso ocorra uma ignição. Esse método deve ser integrado ao projeto e operação de qualquer equipamento de RAC usando fluidos frigoríficos HCs, baseados no procedimento na Figura 21.

Figura 21: Fluxograma indicando os passos de projeto para introduzir substâncias inflamáveis com segurança


PASSO 1: Prevenção de atmosferas explosivas
Identificação de substâncias perigosas
Caracterizar possibilidade de regiões inflamáveis
Limitar a extensão de regiões inflamáveis
PASSO 2: Eliminação de fontes de ignição
Identificação de fontes potenciais de ignição
Eliminar ou proteger contra fontes potenciais de ignição
PASSO 3: Limitar as consequências da ignição
Estimar a gravidade das consequências
Adotar características para minimizar a gravidade da ignição

De acordo com a Figura 21, o primeiro passo é evitar, de maneira mais prática possível, a ocorrência de uma atmosfera explosiva:

- É sabido que um fluido frigorífico HC está sendo usado, e, portanto, as características inflamáveis devem ser conhecidas para entender o seu comportamento no caso de um vazamento;
- Já que uma atmosfera explosiva pode ocorrer, é necessário identificar as partes do equipamento ou da instalação onde a região inflamável possa estar presente no caso de um vazamento. É um método comum estimar a probabilidade de que uma região em particular possa experimentar uma mistura inflamável. Cada região deve ser caracterizada, conforme a probabilidade ou frequência da presença de uma mistura inflamável e a ampliação e persistência dessa mistura inflamável;
- A ampliação de qualquer região inflamável deve ser eliminada por inteiro se possível; caso contrário, a quantidade presente deve ser mantida na quantidade mínima de uso. Isso inclui tornar o material inflamável apropriadamente contido, evitar que um vazamento se espalhe, garantir que os conteúdos dos contêineres e tubos sejam claramente identificados e adotar outras medidas práticas, como detecção de atmosferas potencialmente explosivas, procedimentos de alarme e ventilação apropriada.

O segundo passo é a eliminação das fontes potenciais de ignição:

- A ignição pode ser causada por fontes de alta energia como descargas elétricas e superfícies quentes. Portanto, é importante identificar quando e onde podem ocorrer fontes de ignição potenciais e analisar a área. Devem prestar atenção, em particular, a equipamentos elétricos ou mecânicos, embora haja muitas outras fontes de ignição potenciais que precisam ser levadas em consideração;
- Uma vez que o potencial de ignição do gás inflamável e a probabilidade de regiões inflamáveis sejam conhecidos, a proteção apropriada pode ser aplicada aos equipamentos elétricos e mecânicos.

O terceiro passo é limitar a gravidade das consequências no caso de uma ignição:

- Se houver um risco residual de ignição, o desenvolvimento de pressão máxima e a ampliação de qualquer chama e calor irradiado devem ser avaliados, o que pode necessitar do uso de métodos numéricos ou experimentais;
- Adote um ou mais métodos possíveis de proteção contra sobrepressão e propagação de chamas, tais como ventilação, supressão, contenção e isolamento.

Esses conceitos fundamentais podem ser diretamente aplicados ao caso de HCs em sistemas e equipamentos de RAC:

- Passo 1: considere a possibilidade de vazamento de fluido frigorífico e como evitá-lo ou minimizá-lo, reduzir o tamanho da carga do sistema, e/ou a quantidade que pode ser liberada em uma área em particular, usar ventilação, detecção de gás e outros tipos de controles relacionados a essa questão;
- Passo 2: identificar todas as fontes potenciais de ignição e remover ou garantir que estejam protegidas contra o ingresso de fluido frigorífico no caso de um vazamento;
- Passo 3: garantir que todos os locais ou recipientes para armazenamento de produtos tenham ventilação ou então eliminar a possibilidade de haver fluido frigorífico nesses locais, e usar marcação e instruções para aumentar a atenção das pessoas que possam entrar em contato com o sistema e o fluido frigorífico.

Além disso, o equipamento deve ser projetado e fabricado após uma análise apropriada das possíveis falhas de operação a fim de impedir situações perigosas o máximo possível, e qualquer uso inadequado que possa ser razoavelmente antecipado deve ser levado em conta. Quando o equipamento está sujeito a condições especiais de verificação e manutenção, ele deve ser projetado e construído tendo em mente tais condições. Portanto, ele deve ser projetado e construído de forma a ser capaz de suportar as condições reais ou previsíveis da área ao seu redor. Sempre que possível, se houver possibilidade de vazamento de gás inflamável,

podem ser empregadas estruturas fechadas de forma que o vazamento não dê origem a atmosferas explosivas fora do equipamento. Se o equipamento estiver dentro de um local de armazenamento ou de um contêiner trancado, deve ser possível abrir tal local ou contêiner usando apenas uma ferramenta especial ou por meios de medidas de proteção adequadas.

**APLICAÇÃO DA DIRETRIZ ATEX**

Para produtos vendidos dentro da Europa, a diretriz UE ATEX de "Equipamento" (94/9/EC em relação a equipamentos e sistemas de proteção destinados ao uso em atmosferas potencialmente explosivas) deve ser considerada para todo equipamento que seja capaz de causar uma explosão por meio de suas próprias fontes potenciais de ignição. (Contudo, o equipamento destinado para uso em ambientes domésticos e não comerciais é amplamente dispensado desta diretriz.) Os meios de conformidade dependem do tipo de equipamento e do seu modo de aplicação e uso.

A maioria dos equipamentos de RAC podem corresponder ao Grupo II, Categoria 3 de equipamentos, ou seja, projetado para ser capaz de funcionar em conformidade com os parâmetros de operação estabelecidos pelo fabricante e garantir um nível "normal" de proteção, no qual é destinado para o uso em áreas nas quais é improvável que ocorram atmosferas explosivas ou, caso ocorram, as chances são de que ocorram apenas raramente e por um período curto de tempo e, portanto, deve-se garantir o nível de requisito de proteção durante a operação normal.

Os equipamentos nesta categoria devem obedecer aos Requisitos Essenciais de Segurança (ESRs - Essential Safety Requirements). Isso significa que o equipamento deve ser projetado e construído de tal forma a evitar fontes de ignição previsíveis que possam ocorrer durante a operação normal, incluindo levar em conta o seguinte:

- Princípios de segurança integrada contra explosão;
- Qualquer uso inadequado que possa ser razoavelmente antecipado deve ser levado em conta;
- Condições especiais de verificação e manutenção;
- Condições da área ao redor;
- Marcação e instruções;
- Seleção de materiais;
- Projeto e construção (estruturas fechadas e prevenção contra vazamentos, meios adicionais de proteção, procedimento de abertura do equipamento com segurança, colocar o equipamento para operar além de seus limites normais de funcionamento;
- Fontes potenciais de ignição;
- Perigo originário de efeitos externos.

Se o equipamento tem ATEX, então é necessário a conformidade com as ESRs, cujo processo é resumido na Figura abaixo. Isso é alcançado por meio da conformidade com um desses módulos.

- Controle interno de produção (autocertificação; ver caixa de informação nesta Parte), ou;
- Verificação da unidade (ou seja, usando um organismo notificado).

Alternativamente, qualquer outro módulo que especifique requisitos mais rigorosos pode ser usado, a maioria dos quais requer envolvimento de terceiros.

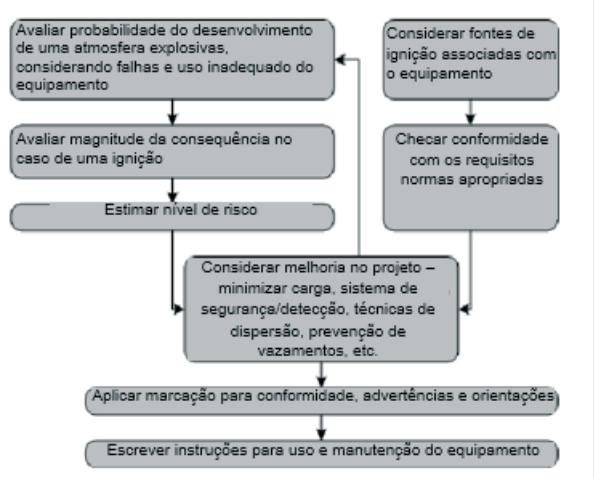

Avaliar probabilidade do desenvolvimento de uma atmosfera explosivas, considerando falhas e uso inadequado do equipamento
Considerar fontes de ignição associadas com o equipamento
Avaliar magnitude da consequência no caso de uma ignição
Checar conformidade com os requisitos normas apropriadas
Estimar nível de risco
Considerar melhoria no projeto – minimizar carga, sistema de segurança/detecção, técnicas de dispersão, prevenção de vazamentos, etc.
Aplicar marcação para conformidade, advertências e orientações
Escrever instruções para uso e manutenção do equipamento

Figura indicando os meios para se obter os requisitos de segurança essenciais

As seções seguintes abordam estes aspectos detalhadamente. Grande parte da direção é tirada das normas de segurança relevantes, mas essas seguintes seções adicionalmente tentam fornecer mais informações sobre as regras e providenciar medidas de segurança adicionais.

**CONTROLE INTERNO DE PRODUÇÃO**

Qualquer produtor/fabricante de equipamento deve documentar o desenvolvimento e processo de produção de forma que demonstre que o nível de segurança foi atingido; em alguns países, isso é obrigatório por lei. Esse procedimento é onde o fabricante/produtor garante e declarada que o equipamento atende os requisitos necessários de segurança aplicáveis a ele, uma declaração escrita de conformidade. Para suportar essa declaração, o fabricante/produtor deve estabelecer a documentação técnica (como detalhada abaixo) e deve mantê-la à disposição das autoridades relevantes para fins de inspeção (normalmente para um período com validade de pelo menos 10 anos após a fabricação do último equipamento). A documentação técnica irá permitir a conformidade do equipamento dentro dos requisitos relevantes das regras a serem avaliadas. Deve cobrir o projeto, fabricação e operação do produto, como segue:

- Descrição geral do equipamento;
- Projeto conceitual e desenhos de fabricação e esquemas de componentes, subconjuntos pré-montados, circuitos, etc;
- Descrições e explicações necessárias para o entendimento de tais desenhos e esquemas e as operações do equipamento;
- Uma lista de todas as normas aplicadas em todo ou em parte do equipamento, e descrições das soluções adotadas para atender os aspectos de segurança dos requisitos de segurança onde as normas não foram aplicadas;
- Resultados dos cálculos de projeto feitos, exames realizados, etc;
- Relatórios de teste.

O fabricante/produtor deve manter uma cópia da declaração de conformidade com a documentação técnica. Em particular, o fabricante/fornecedor deve tomar todas as medidas necessárias para garantir que o processo de fabricação assegure a conformidade do equipamento fabricado com a documentação técnica referida acima e com os requisitos de segurança relevantes aplicáveis a tal equipamento.

### 5.1.2 Outras considerações de segurança

Deve ser observado que enquanto a informação fornecida é em grande parte específica ao uso de fluido frigorífico HC, é importante reconhecer que existem muitos outros aspectos que o projetista do sistema deve levar em consideração com respeito à segurança da refrigeração geral. Embora não necessariamente cobertos neste manual, os seguintes aspectos também devem ter alta prioridade na consideração do projeto de qualquer sistema de RAC e instalação associada:

- Segurança elétrica geral;
- Compatibilidade eletromagnética;
- Proteção contra partes móveis;
- Proteção contra ruído em excesso;
- Segurança em câmaras frigoríficas e outras áreas com atmosfera controlada;
- Projeto, teste, seleção e instalação de trocadores de calor, vasos de pressão, compressores, bombas, válvulas e outros componentes secundários;
- Projeto, teste, dimensionamento e instalação de tubulação e juntas de tubo com tubo e conexões de tubo com componente, layout, uso de suportes e proteção geral;

- Disposição e configuração de dispositivos para alívio e limite de pressão;
- Prever a colocação de sinais de marcação e documentação.

A fim de tratar desses aspectos adequadamente, as regulamentações, normas e códigos de segurança relevantes devem ser respeitadas. Padrões como o IEC 61160, em revisão de projeto, pode oferecer uma orientação em termos de certificação de que todos os aspectos importantes foram levados em conta.

# 5.2 PREVENÇÃO DE VAZAMENTO

## 5.2.1 Introdução

É essencial evitar vazamento de fluido frigorífico por razões tanto de segurança quanto ambientais. Em termos de segurança, se a chance de um vazamento de fluido frigorífico pode ser minimizada, então, o risco de inflamabilidade também é reduzido. Em relação ao impacto ambiental, embora os HCs possuam zero PDO e GWP insignificante, a perda de fluido frigorífico de um sistema irá levar à redução da eficiência do sistema e capacidade de refrigeração, aumentando assim o consumo de energia. Dependendo do tipo de sistema, uma perda de poucos gramas de carga de fluido frigorífico pode aumentar o consumo de energia em vários percentuais. Além disso, as temperaturas de projeto do sistema de refrigeração podem não ser mais atingidas, e há ainda outros custos adicionais associados com a substituição do fluido frigorífico perdido e o trabalho de reparo.

A prevenção de vazamento pode ser realizada tratando-se vários estágios de manuseio do sistema:

- Projeto de sistema, seleção de componentes e layout apropriados;
- Instalação adequada e teste de estanqueidade/práticas de verificação de vazamento;
- Manutenção regular e verificações gerais da condição de funcionamento de todo o sistema;
- Serviço executados por técnicos competentes, usando equipamento adequado.

Tipos diferentes de sistema tendem a ter diferentes taxas de vazamento; taxas de vazamento são geralmente definidas pela quantidade de fluido frigorífico vazado em proporção à carga total do sistema por ano (por exemplo, um sistema que vaza 1 kg de sua carga de 10 kg em 1 ano possui uma taxa de vazamento de 10%). Alguns valores comuns tomados de vários estudos que monitoram as taxas de vazamento de uma população de sistemas reais podem ser encontrados na Tabela 7. A variação das taxas de vazamento depende principalmente do projeto/conceito ou tipo do sistema e do nível de qualidade da sua manutenção. É importante estar atento que é possível – desde que ele tenha um bom projeto e boa manutenção – que um sistema tenha uma taxa de vazamento de zero. Por outro lado, acontece normalmente que os sistemas tenham taxas de vazamento de mais de 100%. Contudo, é notável observar os tipos de sistemas que exibem taxas de vazamento maiores, que indicam quando e onde deve ser dada mais atenção para minimização do vazamento.

Tabela 7: Intervalo típico do vazamento de fluido frigorífico empírico médio para tipos diferentes de sistema

| Tipo de equipamento | Taxa de vazamento típica anual (% da carga)[19] |
|---|---|
| Refrigeração doméstica | 0,5 – 2,5 % |
| Refrigeração de estabelecimento comercial; i unidade integrada tipo "stand-alone" ou "self-contained" | 1 – 5 % |
| Refrigeração de estabelecimento comercial; sistema tipo "split" com unidade condensadora | 8 – 20 % |
| Refrigeração de estabelecimento comercial; sistemas centrais de expansão direta (Racks) | 8 – 35 % |
| Ar-condicionado; unidades integradas tipo "self-contained"/portátil | 0,5 – 2,5 % |
| Ar-condicionado; sistemas tipo "Split" de um único circuito | 5 – 15 % |
| Ar-condicionado; sistemas tipo "Multi-Split" de vários circuitos | 5 – 20 % |
| Ar-condicionado; chiller | 3 – 15 % |
| | |

Algumas legislações Europeias mais recentes sobre gases fluorados[20] levam em consideração à redução de vazamento em sistemas. Embora essa regulamentação não considere o fluido frigorífico HCs, a aplicação de alguns de seus requisitos pode ser útil para redução de vazamento independente do tipo de fluido frigorífico. As partes importantes da regulamentação estipulam o seguinte:

- Deve ser feita uma verificação de vazamento com a frequência dependendo do tamanho do sistema;
- Manter registros sobre todos os sistemas (acima de certo tamanho), incluindo tamanho de carga, data da verificação de vazamento, qualquer trabalho corretivo, quantidade de fluido frigorífico adicionado e removido e os dados de identificação do técnico;
- Identificação do sistema por meio de placas com o tipo e quantidade do fluido frigorífico usado;
- O fluido frigorífico deve ser recolhido durante o serviço e manutenção da planta e ao fim de sua vida útil;
- Qualquer técnico trabalhando em um sistema deve ser treinado apropriadamente e certificado com as qualificações apropriadas;
- É necessária certificação para todas as empresas que empregam pessoas para a realização de serviços em equipamento que contenha ou tenha sido projetado para conter fluidos frigoríficos fluorados.

Os operadores do equipamento são obrigados a garantir que todos esses requisitos sejam obedecidos.

### 5.2.2 Princípios gerais de projeto

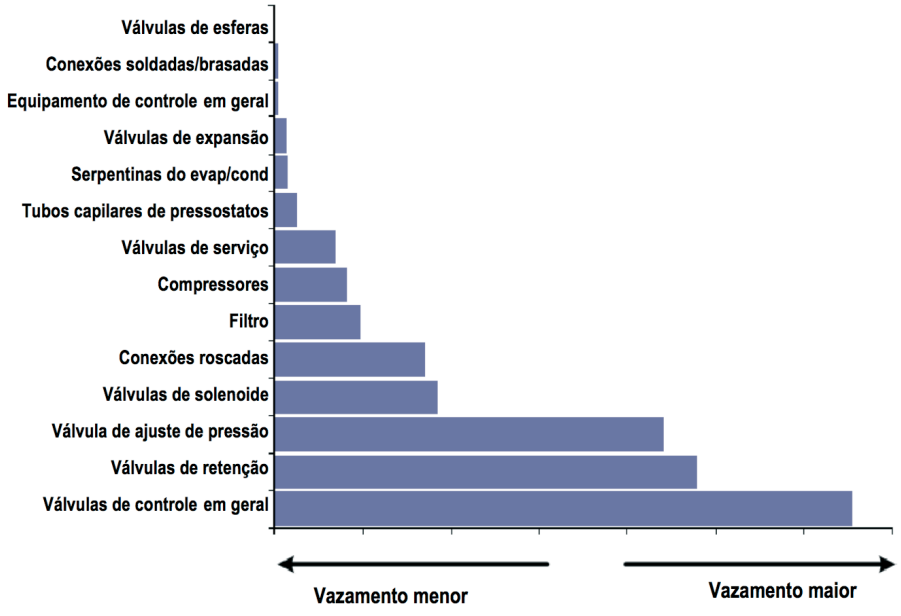
Alguns princípios gerais podem ser aplicados ao projeto de um sistema:

19 Relatório do Comitê de Opções Técnicas de Ar-condicionado e Bombas de Calor, Avaliação de 2006, UNEP Nairobi, Secretaria de Ozônio, 2007; Relatório Especial IPCC/TEAP: Proteção da Camada de Ozônio e o Sistema Climático Global, Suíça, 2005.
20 Regulamentação (EC) Nª 842/2006 sobre alguns gases fluorados que contribuem com o efeito estufa

- Prever o uso de mais de um circuito de fluido frigorífico, de forma que se houver um grande vazamento, a perda de fluido frigorífico será menor, porém deve-se considerar que isso pode implicar no custo e espaço necessário para esse tipo de sistema;
- Geralmente, em sistemas maiores, as válvulas de fechamento automático podem ser usadas para isolar partes do circuito de refrigeração (por exemplo: tanque de líquido, condensador, entre outros) no caso da ocorrência de um vazamento detectado;
- Durante projeto da tubulação e seleção dos componentes, é preferível ter o mínimo possível de conexões e selos de vedação (por exemplo, em válvulas, entre outros);
- Certifique-se de que todos os materiais que serão usados dentro do sistema de refrigeração (principalmente vedações de válvulas, o-rings, entre outros) são inteiramente compatíveis com o fluido frigorífico HC a ser usado. É importante estar ciente de que a compatibilidade dos fluidos frigoríficos com elastômeros é diferente quando tipos de óleo diferentes estão envolvidos;
- Esteja ciente de que os HCs insaturados (por exemplo, R1270) são incompatíveis com certos materiais que os HCs saturados (por exemplo, R290) são compatíveis;
- Também se deve considerar toda a faixa de pressão e temperatura de operação a que os materiais estão sujeitos, já que isso também pode afetar a compatibilidade;
- Tente minimizar o uso de componentes e juntas que são conhecidas por resultar em altos níveis de vazamento.

Uma visão mais abrangente e ferramentas práticas adicionais para auxílio na redução de emissões de (qualquer) fluido frigorífico são oferecidas pelo projeto Real Zero[21], do Instituto de Refrigeração, e outras orientações adicionais podem ser encontradas dentro do Código de Prática de Minimização de Emissões de fluidos frigoríficos[22]. Além disso, há um esboço da norma EN 15834:2009 sobre a qualificação da vedação dos componentes e juntas (aplicável a componentes e a toda a unidade montada), que deve ser usado. É importante ressaltar que essa norma pretende caracterizar a vedação das partes considerando as forças durante sua operação, seguindo o procedimento de instalação especificado pelo fabricante. Também pretende especificar a informação mínima a ser fornecida pelo fornecedor de um componente à pessoa responsável pela realização do procedimento de instalação.

Figura 22: Uma indicação da tendência a vazamento de cada um dos diferentes componentes




21 Ver www.realzero.org.uk
22 Ver www.ior.org.uk/ior_publication.php?pubid-E6EM1WETAB

### 5.2.3 Considerações relacionadas ao projeto e à instalação da tubulação

Durante o projeto e a instalação da tubulação, um número de considerações importantes deve ser obedecido:

- A tubulação e os componentes devem ser protegidos contra impacto, intempérie, corrosão externa e corrosão eletrolítica na junção de metais diferentes;
- Deve-se tomar cuidado para garantir que todas as juntas estejam soldadas corretamente;
- A tubulação não deve ser instalada de maneira que dobre ou que as uniões sejam forçadas;
- Onde for usado isolamento, deve-se tomar cuidado para garantir que a água não seja coletada entre o tubo e isolamento;
- A tubulação de aço tem propriedades superiores à tubulação cobre com respeito à força mecânica e falta de suscetibilidade a vibração e endurecimento, contudo, a tubulação de metal está sujeita a corrosão externa e deve ser protegida adequadamente contra ela;
- Os tubos devem ser suportados adequadamente, de acordo com o diâmetro do tubo, número de juntas, peso e distância de entre os tubos;
- A tubulação não deve ser montada onde é provável que se ande sobre ela, ou usada como barra de carga, onde isso é impossível, tampas de proteção e rótulos de advertência devem ser fornecidos;
- O encaminhamento dos tubos deve ser projetado para permitir sua expansão e contração;
- A tubulação deve ser projetada para minimizar os efeitos da vibração;
- A necessidade de se evitar golpe de líquido deve ser levada em conta, no projeto de encaminhamento da tubulação e seleção de tipos de válvulas;
- É necessário o uso de dispositivos para conter pulsações nas tubulações, caso seja decidido pelo uso de válvulas de fechamento rápido em linhas de longa distância;
- O uso de juntas mecânicas deve ser minimizado, pois os melhores métodos de junção são a solda e a brasagem. Principalmente, as conexões roscadas devem ser evitadas, já que são uma das principais fontes de vazamento;
- Onde for necessário o uso de tubos e conexões flexíveis para eliminar vibrações, eles devem ser instalados em total conformidade com as instruções dos fabricantes, para assegurar que não irão causar vazamentos catastróficos.

### 5.2.4 Considerações relacionadas ao projeto e instalação dos principais componentes do sistema

Durante o projeto e instalação de outros componentes do sistema, um número de considerações importantes deve ser obedecido:

- Trocadores de calor devem ser protegidos contra possíveis danos mecânicos;
- Trocadores de calor que contenham água devem ser protegidos contra congelamento;
- Deve-se prever a disponibilidade de acesso para o teste de vazamento de compressores, evaporadores, condensadores e componentes associados;
- Onde houver risco de vazamento de fluido frigorífico para dentro da água ou outros fluidos dissipadores de calor (secundários), deve haver formas de retirar esse fluido ou fazer uma amostragem;
- Os resfriadores de ar de baixa temperatura (evaporadores) e bandejas de drenagem devem ser completamente descongelados durante todo ciclo de degelo;
- Os controles de degelo devem ser projetados e ajustados para evitar quaisquer operações de degelo desnecessárias, a fim de minimizar a tensão térmica;

- Os trocadores de calor que contenham água devem ser protegidos contra o congelamento;
- Os compressores devem ser instalados em suportes antivibração.

### 5.2.5 Considerações relacionadas às seleções das válvulas

As orientações seguintes devem ser levadas em consideração durante a seleção e escolha de válvulas:

- Devem ser providenciadas válvulas suficientes, para garantir que o serviço e a manutenção sejam realizados sem que causem perda significativa de fluido frigorífico;
- É necessário cuidado para evitar altas pressões (acima dos limites de segurança) em seções de circuito isoladas contendo fluido frigorífico líquido;
- Onde for razoavelmente viável, devem ser usadas válvulas que tenham fole ou diafragma, em vez de válvulas que tenham vedação na haste;
- As válvulas com anel de vedação na haste devem ser usadas com preferência sobre as válvulas com gaxeta de vedação na haste, dado que o material do anel seja adequado para as temperaturas e fluidos envolvidos;
- Onde não houver material elastomérico disponível, devem ser usadas gaxetas de vedação;
- As tampas de vedação sempre devem ser encaixadas em todas as válvulas;
- Sempre que possível, a válvula de segurança ou outro dispositivo, que proteja o lado de alta pressão do circuito de refrigeração, deve ser liberado para o lado de baixa pressão, mas não deve liberar o fluido diretamente para a atmosfera. Contudo, o acesso de manutenção ao dispositivo deve ser possível sem o uso de válvulas de bloqueio para intervenção;
- No lado de baixa pressão do sistema deve haver uma válvula para liberar o fluido frigorífico para a atmosfera, se a pressão continuar alta (acima do projetado);
- O lado de alta pressão do sistema não deve ser protegido por disco de ruptura, que libera o fluido para a atmosfera;
- O uso de válvulas de alívio duplo deve ser estimulado para facilitar a substituição rápida em intervalos de serviço obrigatórios e para manter a operação da planta;
- Um dispositivo de indicação deve ser colocado nas saídas das válvulas de forma que seja possível verificar, durante a manutenção, se as válvulas liberaram o fluido para a atmosfera.

### 5.2.6 Detecção de vazamento

O vazamento não pode ser evitado por métodos de detecção de fluido frigorífico, mas eles geralmente ajudam a evitar que vazamentos menores se tornem vazamentos maiores. Há várias opções disponíveis para detecção. Consulte o Capítulo 6.1.

## MÉTODOS ALTERNATIVOS DE UNIÃO

É bem conhecido que os métodos convencionais de conexão roscada podem desenvolver vazamentos facilmente. Enquanto é preferível usar uniões soldadas, às vezes é necessário ou adequado realizar conexões mecânicas, ou talvez evitar o uso de maçaricos de solda sob certas circunstâncias. Nesses casos, outras opções podem ser consideradas.

### Uniões de pressão ("Lok-ring")

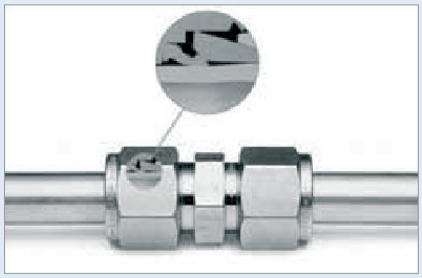
Onde a soldadura não for possível, este método poderá ser uma opção muito durável e confiável para junção de tubos e para a realização de conexões de acesso do sistema. É necessário usar ferramentas manuais especiais e determinados componentes (normalmente com diâmetro exterior nominal de 1,6 mm a 35 mm), e é, portanto, aplicável à maioria dos sistemas de refrigeração e ar condicionado domésticos e comerciais de pequeno porte. Existem muitos tipos diferentes de encaixe disponíveis, incluindo adaptadores, cotovelos, "T"', redutores, válvulas e filtros secadores.

### "Euro-flare"

O chamado "Euro-flare" – também conhecido como "adaptador porca" e "adaptador brasado" – também é uma opção possível, especialmente sempre que forem necessárias conexões roscadas (por exemplo, para uma linha de líquido/sucção de unidade externa/interna de ar condicionado). Essas conexões roscadas consistem em um adaptador brasado (para unir com o tubo), uma porca sextavada com rosca interna e um selo de vedação de cobre. Em caso de reparo apenas o selo de vedação de cobre precisa ser trocado. Eles vêm com uma variedade de tipos de montagens.

### Uniões de compressão com anilha metálica ("Swagelok")

Encaixes de compressão com anilha metálica são juntas mecânicas permanentes. Elas funcionam com base em comprimir e endurecer materiais metálicos dentro da porca e dentro do tubo, o que fornece uma vedação hermética e resistência contra vibração. Essas são normalmente aplicadas em sistemas de pressão muito alta e são consideradas altamente confiáveis.



# 5.3 LIMITES DE QUANTIDADE DE CARGA DE FLUIDO FRIGORÍFICO

## 5.3.1 Introdução

Os limites de quantidade de carga de fluido frigorífico são prescritos em vários tipos de normas diferentes, e já que os requisitos entre essas normas variam bastante e são frequentemente revisados, essa seção pretende oferecer uma compilação desses requisitos:

- EN 378;
- EN/IEC 60335-2-24;
- EN/IEC 60335-2-40;
- EN/IEC 60335-2-89.

Também é importante notar que estes limites de quantidade de carga não devem ser considerados como absoluto; por exemplo, onde existe um limite de, por exemplo, 1 kg, isto não significa de forma alguma que 0,99 kg são seguros e 1,01 kg não são seguros. Como discutido anteriormente, o risco de segurança da inflamabilidade pode ser afetado por vários parâmetros de projeto substancialmente mais do que apenas de quantidade de fluido frigorífico. Por isso, segue o texto comum de introdução da maior parte das normas:

> Um sistema ou equipamento com formas de construção diferentes do detalhado nos requisitos desta norma pode ser examinado e ensaiado de acordo com a intenção dos requisitos e, se for avaliado para ser substancialmente equivalente em termos de nível de segurança, podem ser considerados como em cumprimento com a norma.

Portanto, isto permite variações no design, incluindo quantidades de carga, se, pelo menos, o mesmo nível de segurança pode ser demonstrado.

Em geral, a massa de fluido frigorífico HC dentro de um único circuito de refrigeração é limitada, conforme o tipo do sistema, o tipo de local e tamanho do espaço, principalmente com respeito a áreas ocupadas.[23] Para instalações dentro de espaços ocupados por pessoas, deve ser especificado um tamanho mínimo de uma sala para uma determinada quantidade máxima de carga de fluido frigorífico dentro do circuito de refrigeração.

Duas restrições se aplicam as quantidades de carga de fluido frigorífico:

- A primeira é a quantidade de carga "máxima" ($\boldsymbol{M}_{\mathrm{MAX}}$), que é uma função do tipo de local e sua ocupação (ou não, caso não seja ocupado);
- A segunda é a quantidade de carga "permitida" ($\boldsymbol{M}_{\mathrm{PER}}$), que é uma função do tamanho da área (ocupada) para o qual o fluido frigorífico pode vazar.

As quantidades de carga permitidas são baseadas normalmente na suposição de que no pior caso toda a carga de fluido frigorífico do circuito irá vazar para um espaço de forma praticamente instantânea, e já que o vapor é mais denso que o ar, ele irá estratificar-se parcialmente – assim, a carga permitida normalmente leva isso em conta, adotando uma margem de segurança de 20%. (Em certos casos, a margem de segurança é estendida a fatores que se aproximam de menos de 5%.) Por outro lado, os valores para a quantidade de carga máxima têm sido escolhidos de forma geralmente arbitrária, tendo pouco ou nenhum embasamento técnico, embora possa ser observado que há uma correspondência geral entre as menores quantidades de carga e o número e vulnerabilidade dos ocupantes. No caso de sistemas localizados abaixo do nível do

23 Na norma EN 378, os limites de carga de fluido frigorífico são também classificados conforme o tipo do sistema – seja de expansão direta ou indireta (onde seja usado um fluido de transferência de calor secundário não perigoso). Nesta publicação, significa que essa variável é levada em conta para todas as partes do sistema que contenha fluido frigorífico.

chão, é aplicado um valor comum em todo o sistema por ser difícil para um vapor mais denso que o ar dispersar-se para cima.

Na Tabela 10 é dado um resumo dos tamanhos de carga máximos e permitidos.

Em geral, os fluidos frigoríficos HCs somente devem ser usados em sistemas e partes do sistema em condições seladas, por exemplo, utilizando somente conexões e juntas permanentes. Sistemas em condições seladas que tenham uma carga de fluido frigorífico de 4 x LII (por exemplo, 4 x 0,038 = 0,15 kg para R290) ou menos, podem se situar em qualquer local ou categoria de ocupação (os valores de LII são fornecidos na Tabela 8 para fluidos frigoríficos HCs selecionados).

As seguintes seções oferecem uma descrição das restrições de quantidade de carga de fluido frigorífico, conforme a categoria de ocupação, A, B ou C, e também conforme o posicionamento do sistema e de suas partes, caracterizados como:

- Sistema inteiro dentro de espaço ocupado por pessoas, mas que não seja uma sala de máquinas;
- Compressor ou tanque de líquido em uma sala de máquinas desocupada ou a céu aberto;
- Todas as partes contendo fluido frigorífico em uma sala de máquinas desocupada ou em uma área potencialmente ocupada a céu aberto;
- Todo o sistema dentro de uma carenagem ventilada e especialmente construída para essa aplicação;
- Todas as partes do sistema que contem fluido frigorífico dentro de uma sala de máquinas desocupada ou em uma área desocupada a céu aberto.

A Figura 23 é um fluxograma que pode ser usado para determinar a quantidade apropriada de carga de fluido frigorífico e/ou tamanho mínimo da sala para fluidos frigoríficos HCs.

Tabela 8: Limites inflamáveis e limites práticos de vários fluidos frigoríficos HCs

| Valor | | R600a | R290 | R1270 | R290/ R600a † | R290/R170 ‡ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Limite de Inflamabilidade Inferior | (kg/m$^3$) | 0,043 | 0,038 | 0,043 | 0,040 | 0,038 |
| | (%) | 1,80 | 2,10 | 2,50 | 1,95 | 2,15 |
| Limite Prático (kg/m$^3$) | | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,008 |
| Densidade do Vapor (kg/m$^3$)* | | 2,48 | 1,86 | 1,77 | 2,17 | 1,82 |

† Baseado em composição molar de 50% R290 e 50% R600a
‡ Baseado em composição molar de 94& R290 e 6% R170
* A pressão atmosférica normal (101,325 kPa) e 21 °C

## 5.3.2 Categorias de ocupação

A classificação do tipo de ocupação é crítica para a determinação dos limites de quantidade de carga de fluido frigorífico. Isso porque, em alguns locais, os ocupantes podem não estar cientes das saídas de emergência ou podem achar difícil sair do prédio no caso de uma emergência, e em outros locais, os ocupantes podem estar bem cientes dos procedimentos de emergência. As considerações de segurança em sistemas de refrigeração levam em conta o local, o número de pessoas ocupando o local e as categorias de ocupação. A quantidade máxima de fluido frigorífico permitida (por circuito de refrigeração) é uma função dessas condições.

Assim, as restrições da quantidade de carga de fluido frigorífico descritas são limitadas de acordo com a categoria de ocupação, A, B ou C:

- Categoria A: ocupação geral sem nenhuma restrição quanto à ocupação do local – habitações e espaços públicos onde é improvável que as pessoas estejam cientes dos perigos relacionados aos fluidos frigoríficos;
- Categoria B: ocupação supervisionada – restrita a determinado número de pessoas, algumas das quais estão cientes que o sistema encontra-se carregado com um HC;
- Categoria C: ocupação com acesso autorizado apenas – onde os profissionais treinados devem ser competentes para manusear fluidos frigoríficos ou pelo menos devem estar cientes dos procedimentos de emergência;

- Desocupado: Uma área que é protegida contra o acesso de pessoas, exceto para pessoas autorizadas, pessoal treinado, com o único propósito de assistência técnica e manutenção dos equipamentos de refrigeração.

Tabela 9: Tipos de ocupação e exemplos

| Ocupação | Descrição | Exemplos |
|---|---|---|
| **Categoria A** | Salas, partes de prédios, ou outro local onde as pessoas possam dormir, onde as pessoas tenham uma restrição quanto suas movimentações ou onde o número de pessoas presentes não seja controlado ou ao qual qualquer pessoa tenha acesso sem conhecer pessoalmente as precauções de segurança pessoal | Hospitais, prisões, casas de repouso, teatros, supermercados, terminais de transporte, hotéis, salões de leitura, habitações, restaurantes, pistas de gelo, veículos de passageiros, etc. |
| **Categoria B** | Salas, partes de prédios ou prédios, onde o acesso esteja restrito a apenas um número limitado de pessoas,e algumas delas estejam necessariamente cientes das precauções de segurança geral | Prédios de escritórios, laboratórios, locais de trabalho, locais de fabricação geral, etc. |
| **Categoria C** | Salas, partes de prédios, prédios onde apenas pessoas autorizadas têm acesso e que não são abertos ao público; as pessoas autorizadas devem estar cientes das precauções de segurança geral do estabelecimento | Áreas não públicas em supermercados, câmaras frigoríficas, refinarias, locais de produção/fabricação, por ex., para produtos químicos, comida, gelo e sorvete |
| | | |

Se partes contendo fluido frigorífico estiverem presentes em mais de uma categoria de ocupação, aplicam-se os requisitos mais rigorosos para determinar os limites de quantidade de carga, por exemplo, categoria A é escolhida em lugar da categoria B, ou categoria A em lugar da categoria C.

Se as partes contendo fluido frigorífico estiverem presentes em uma categoria de ocupação, por exemplo, na categoria B, porém não estiverem isoladas como, por exemplo, por partições, pisos e tetos isolados, de outra área de ocupação com requisitos mais rigorosos (por exemplo, Categoria A), então, aplica-se a categoria de ocupação com os requisitos mais rigorosos.

### 5.3.3 Ocupações de Categoria A (ocupação geral)

A ocupação geral é como detalhada na Tabela 09. No espaço ocupado, um vazamento repentino de fluido frigorífico não deve ser suficiente para aumentar a concentração média de fluido frigorífico para um nível igual ou acima do Limite Prático (dado na Tabela 8). Neste local não deve haver fontes de ignição associadas com o sistema de refrigeração ou localizados em uma área onde poderia haver acúmulo de fluido frigorífico, no caso de um vazamento.

**O sistema inteiro ou partes dele dentro de um espaço ocupado**

Onde todo o sistema ou partes do sistema estiverem localizados em um espaço ocupado por pessoas, então, o uso de hidrocarbonetos HCs somente será permitido se a quantidade de fluido do sistema for:

- Até a carga de fluido frigorífico permitida ($\boldsymbol{M}_{PER}$) detalhada abaixo (ver parte 5.3.5), e não deve exceder a carga máxima de $\boldsymbol{M}_{MAX}$ = 1,5 kg.

**Sistema dentro de uma carenagem ventilada**

Onde o sistema estiver inteiramente localizado dentro de carenagem mecanicamente ventilada (ver Parte 5.6.5), o uso de hidrocarbonetos HCs somente será permitido se a quantidade de fluido do sistema for:

- Até a carga máxima de $\boldsymbol{M}_{MAX}$ = 130 x LII (kg).

**Sistema a céu aberto**

Onde o sistema inteiro estiver localizado a céu aberto, o uso de hidrocarbonetos HCs somente será permitido se a quantidade de fluido do sistema for:

- Até a carga máxima de $\boldsymbol{M}_{MAX}$ = 5,0 kg.

### 5.3.4 Ocupações de Categoria B (ocupação supervisionada)

A ocupação supervisionada é como detalhada na Tabela 09. No espaço ocupado, um vazamento repentino de fluido frigorífico não deve ser suficiente para aumentar a concentração média de fluido frigorífico para um nível igual ou acima do Limite Prático (dado na Tabela 8). Neste local não deve haver fontes de ignição associadas com o sistema de refrigeração ou localizados em uma área onde poderia haver acúmulo de fluido frigorífico, no caso de um vazamento.

**O sistema inteiro dentro de um espaço ocupado**

Onde todo o sistema ou partes do sistema estiverem localizados em um espaço ocupado por pessoas, então o uso de hidrocarbonetos HCs somente será permitido se a quantidade de fluido do sistema for:

- Até a carga de fluido frigorífico permitida ($\boldsymbol{M}_{PER}$) detalhada abaixo (ver parte 5.3.5), e não deve exceder a carga máxima de $\boldsymbol{M}_{MAX}$ = 2,5 kg.

**Sistema dentro de uma carenagem ventilada**

Onde o sistema estiver inteiramente localizado dentro de carenagem mecanicamente ventilada (ver Parte 5.6.5), o uso de hidrocarbonetos HCs somente será permitido se a quantidade de fluido do sistema for:

- Até a carga máxima de $\boldsymbol{M}_{MAX}$ = 130 x LII (kg).

**Sistema a céu aberto**

Onde o sistema inteiro estiver localizado a céu aberto, o uso de hidrocarbonetos HCs somente será permitido se a quantidade de fluido do sistema for:

- Até a carga máxima de $\boldsymbol{M}_{MAX}$ = 10,0 kg.

## 5.3.5 Ocupações de Categoria C (ocupação autorizada)

Ocupação autorizada é como detalhada na Tabela 09. No espaço ocupado, um vazamento repentino de fluido frigorífico não deve ser suficiente para aumentar a concentração média de fluido frigorífico para um nível igual ou acima do Limite Prático (dado na Tabela 8). Neste local não deve haver fontes de ignição associadas com o sistema de refrigeração ou localizados em uma área onde poderia haver acúmulo de fluido frigorífico no caso de um vazamento.

**Todo o sistema dentro de um espaço ocupado por pessoas**

Onde todo o sistema estiver localizado em espaço ocupado por pessoas, o uso de hidrocarbonetos HCs somente será permitido se a quantidade de fluido do sistema for:

- Até a carga de fluido frigorífico permitida ($\boldsymbol{M}_{PER}$) detalhada abaixo (ver parte 5.3.5), e não deve exceder a carga máxima de $\boldsymbol{M}_{MAX}$ = 10,0 kg.

**Parte do sistema dentro de um espa**ço ocupado por pessoas

Onde parte do sistema com o compressor e tanque de líquido estiver localizada em uma sala de máquinas desocupada, ou a céu aberto, então, o uso de hidrocarbonetos HCs somente será permitido se a quantidade de fluido do sistema for:

- Até a carga de fluido frigorífico permitida ($\boldsymbol{M}_{PER}$) detalhada abaixo (ver parte 5.3.5), e não deve exceder a carga máxima de $\boldsymbol{M}_{MAX}$ = 25 kg.

**Sistema dentro de uma carenagem ventilada**

Onde o sistema estiver inteiramente localizado dentro de uma carenagem mecanicamente ventilada (ver Parte 5.6.5), então o uso de hidrocarbonetos HCs somente será permitido se a quantidade de fluido do sistema for:

- Até a carga máxima de $\boldsymbol{M}_{MAX}$ = 130 x LII (kg).

**Sistema a céu aberto ou sala de máquinas**

Onde todo o sistema estiver localizado a céu aberto ou em sala de máquinas ocupada, então o uso de hidrocarbonetos HCs somente será permitido se a quantidade de fluido do sistema for:

- Até a carga de fluido frigorífico permitida ($\boldsymbol{M}_{PER}$) (detalhada na Parte 5.3.7), mas sem limite de quantidade de carga máxima.

## 5.3.6 Área desocupada

Uma área desocupada é aquela que está protegida contra o acesso de pessoas, exceto para pessoas autorizadas, e pessoal treinado, exclusivamente para fins de manutenção e reparo dos equipamentos de refrigeração. Exemplos incluem salas de máquinas especiais (dedicadas) e equipamentos localizados a céu aberto, mas que são isolados por meios necessários para evitar a entrada, exceto por aqueles com acesso autorizado.

**Sistema a céu aberto ou sala de máquinas especial**

Onde todo o sistema estiver localizado a céu aberto ou em sala de máquinas especial, o uso de hidrocarbonetos HCs é permitido em sistemas com as partes contendo fluido frigorífico localizados em ocupações autorizadas sem restrições referentes à quantidade de carga de fluido frigorífico.

## 5.3.7 Cálculo das quantidades de carga permitidas ($M_{PER}$)

Para sistemas diretos localizados em espaços ocupados, mas que não são usados para conforto, a carga de fluido frigorífico permitida por circuito independente é determinada a partir de:

$$M_{per} = V_{Rm}\, x\, LP \tag{1}$$

No qual:

$\boldsymbol{M_{PER}}$ = massa permitida por circuito (kg)
$\boldsymbol{V_{Rm}}$ = volume da sala ($m^3$)
**LP** = limite prático ($kg/m^3$); ver Tabela 8

Inversamente, para uma determinada quantidade de carga de um circuito, o tamanho mínimo da sala pode ser determinado a partir de:

$$V_{Rm} = \frac{M_{per}}{LP} \tag{2}$$

Para sistemas diretos localizados em espaços ocupados, e usados para conforto, a carga de fluido frigorífico permitida por circuito independente é determinada a partir de:

$$M_{per} = 2.5\, x\, \mathrm{LII}^{1.25}\, _x\ \mathrm{h}\, _x \sqrt{A_{Rm}} \tag{3}$$

No qual:

**LII** = limite inferior de inflamabilidade ($kg/m^3$)
$\boldsymbol{A_{Rm}}$ = área do solo da sala ($m^2$)
**h** = altura de instalação nominal (m), conforme a altura acima do nível do piso de qualquer parte contendo fluido frigorífico exposto ou a parte mais baixa de qualquer abertura dentro do invólucro do equipamento.

Por exemplo:

- h = 0,6 m a 1 m para montagem sobre piso;
- h = 1,0 m a 2,0 m para montagem em janela (“unidades do tipo janela”);
- h = 1,8 m - 2,4 m para montagem em parede;
- h = 2,2 m a 3,0 m para montagem em teto.

Inversamente, para uma determinada quantidade de carga de um circuito, o tamanho mínimo da sala pode ser determinado a partir de:

$$A_{Rm} = \left(\frac{M}{2{,}5\ x LII^{1.25} x\ h}\right)^2 \quad (4)$$

Para determinados equipamentos, por exemplo, unidades individuais de ar condicionados ou bombas de calor móveis (portáteis) embaladas de fábrica, a carga de fluido frigorífico permitida por circuito independente é determinada a partir de e, independentemente, da altura nominal da instalação:

$$M_{per} = 0.55\ x\ LII\ x\ A_{Rm} \quad (5)$$

Isso se o tamanho da carga não for maior que 8 $m^3$ x LII (aproximadamente 300 g para fluidos frigoríficos HCs). Existem requisitos adicionais aplicados e esse tipo de equipamento:

- Quando o equipamento é ligado (por exemplo, em operação), um ventilador deve operar continuamente fornecendo um mínimo de fluxo de ar sob condições estáveis normais, mesmo quando o compressor é desligado pelo termostato.

### 5.3.8 Fluxo de ar do equipamento[24]

A fim de reduzir o risco de ignição de um fluido frigorífico que tenha vazado – principalmente dentro de uma área fechada – o ventilador integrado no equipamento (por exemplo, unidade de tratamento de ar, ventilador do evaporador, ou ventilador do condensador) localizado na área fechada deve ter uma taxa de fluxo de ar mínima correspondente a:

$$V_{af} = \frac{0{,}004\ x\ M}{LII} \quad (6)$$

No qual:
$V_{af}$ = volume de fluxo de ar do(s) ventilador(es) ($m^3/s$)
$M$ = carga de fluido frigorífico (kg)
$LII$ = limite inferior de inflamabilidade ($kg/m^3$); da Tabela 8

Observe que essa é uma fórmula generalizada e aproximada, baseada em medidas feitas de diferentes condições, e, portanto, pode não ser precisa para todas as situações. Veja que a eficácia da mistura é também uma função da velocidade de saída a partir da unidade, de modo que para a mesma taxa de volume de fluxo, uma área de descarga de ar menor irá proporcionar melhorias para a mistura e dispersão do fluido frigorífico vazado.

24 Observe que isso não é um requisito usado em todas as normas, mas é considerado para adicionar outros meios de se melhorar os níveis de segurança.

**CONSIDERAÇÕES RELACIONADAS AOS LIMITES DE QUANTIDADE DE CARGA**

É conhecido que alguns dos cálculos para limites de quantidade de carga dentro das normas de segurança, como detalhados aqui, podem ser bem restritivos, às vezes com boas razões, às vezes sem. Se houver alguma necessidade para quantidades de carga maiores, então considere os seguintes métodos:

- Usar dois circuitos de fluido frigorífico independentes em vez de um;
- Usar circuitos de fluido frigorífico indiretos, de forma que a carga de fluido frigorífico possa ser mantida em um local distante do espaço ocupado;
- Usar um sistema de segurança, no qual, se houver um vazamento, uma quantidade limitada de fluido frigorífico possa ser liberada no espaço ocupado, enquanto retém o resto do fluido frigorífico dentro de uma parte externa do sistema (por exemplo, exterior ou ocupação C ou área desocupada). Consulte a Parte 5.6.10. Se esse método estiver sendo usado, assegure-se de que o mecanismo foi testado e a sua confiabilidade foi comprovada, e realize uma avaliação de risco completa para confirmar que sob nenhuma circunstância uma falha irá levar à criação de uma atmosfera explosiva em uma local que ainda não tenha sido projetado para lidar com essa situação.

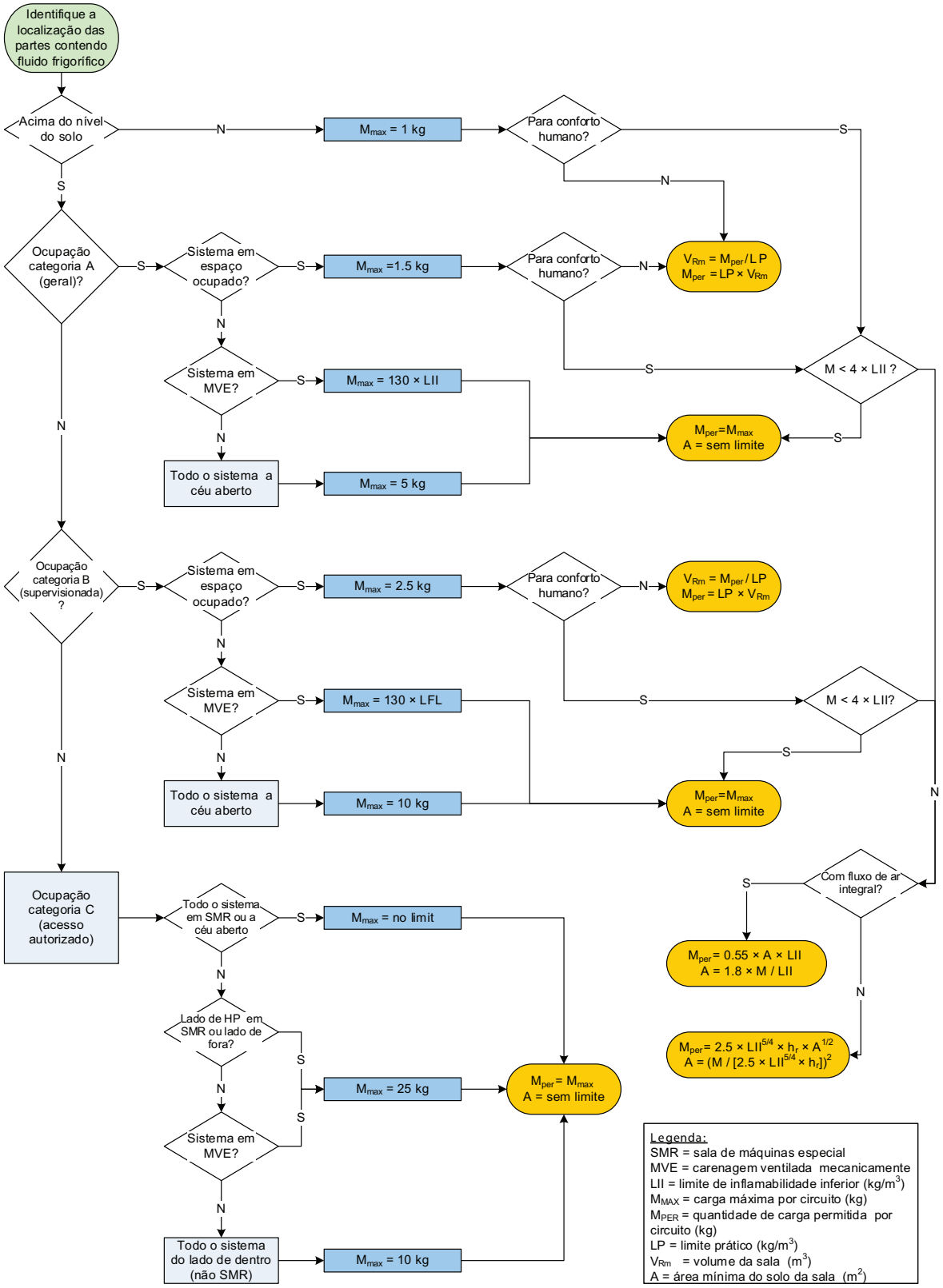
Em geral, normas não são regulamentações, e, portanto, elas não precisam impor requisitos legais (a menos que estabelecido por um contrato de validade legal). Além disso, as normas tendem a estar atrasadas em termos de desenvolvimento tecnológico (em vez de guiá-los), então, elas podem às vezes ser negligentes quanto a novas tecnologias, métodos ou técnicas que possam ser empregadas para atingir um nível de segurança maior ou similar. Em tais casos, pode ser necessário desenvolver avaliações de risco e aprovações de terceiros para permitir a adoção de métodos que desviem das normas. Já que a elaboração das normas é normalmente dominada por empresas que favorecem opções específicas de tecnologias em detrimento de outras, as normas podem refletir essas preferências enquanto inibem outras. Nesses casos, as tecnologias, métodos ou técnicas novas ou alternativas devem ser incluídos nas normas para que se criem processos, que permitam que eles se tornem mais inclusivos.

Tabela 10: Resumo das quantidades máximas e permitidas de cargas de fluido frigorífico de acordo com várias normas

| Localização das partes que contenham fluido frigorífico | Tipo de sistema | Massa de fluido frigorífico † | Tipo de ocupação | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Categoria A (ocupação geral) | | Categoria B (ocupação supervisionada) | | Categoria C (ocupação com acesso autorizado apenas) |
| | | | RBCAC | BCAC para Conforto | RBCAC | BCAC para Conforto | RBCAC e BCAC para Conforto |
| **Em espaço ocupado por pessoas, mas que não seja uma sala de máquinas** | Direto | Permitida ($M_{PER}$) | LP x $V_{Rm}$ | 2,5 $LII^{1,25}h\sqrt{A_{Rm}}$ ou 0,55 $A_{Rm}LII$ | LP x $V_{Rm}$ | 2,5 $LII^{1,25}h\sqrt{A_{Rm}}$ ou 0,55 $A_{Rm}LII$ | LP x $V_{Rm}$, ou se limite caso desocupado |
| | | Máxima ($M_{MAX}$) | 1,5 kg, ou 1 kg AS | 26 x LII, ou 1 kg AS | 2,5 kg, ou 1 kg AS | 26 x LII, ou 1 kg AS | 10 kg (ou 25 kg*), ou se limite caso desocupado |
| **Em uma sala de máquinas ou a céu aberto ou carenagem especial ventilada** | Indireto | Permitida ($M_{PER}$) | LP x $V_{Rm}$ | 2,5 $LII^{1,25}h\sqrt{A_{Rm}}$ ou 0,55 $A_{Rm}LII$ | LP x $V_{Rm}$ | 2,5 $LII^{1,25}h\sqrt{A_{Rm}}$ ou 0,55 $A_{Rm}LII$ | Sem limites |
| | | Máxima ($M_{MAX}$) | 5 kg | 130 x LII | 10 kg | 130 x LII | Sem limites |

Notas:
RBCAC = Refrigeração, bombas de calor e ar-condicionado
BCAC para Conforto = Bombas de calor e ar condicionado (especificamente para conforto humano)
Quantidades de carga de fluido frigorífico permitidas e máximas em kg
AS = Abaixo do solo; observe que as cargas de fluido frigorífico acima de 1 kg não são permitidas abaixo do solo, incluindo tubulação de interligação ou outras partes que contenham fluidos frigoríficos
* 25 kg se o compressor e o tanque de líquido de líquido estiverem em uma sala de máquinas desocupada ou a céu aberto
† Circuitos contendo ≤ 0,15 kg não se aplicam e podem ser colocados em qualquer local

Figura 23: Determinação da quantidade de carga máxima de fluidos frigoríficos HCs e tamanho da sala



# 5.4 REDUÇÃO DA QUANTIDADE DE CARGA

## 5.4.1 Introdução

A redução da quantidade de massa da carga de fluido frigorífico é uma consideração muito importante no projeto e construção de sistemas usando fluido frigorífico HCs. Supondo que todos os outros fatores sejam mantidos, uma quantidade de carga maior resulta em um maior risco de ignição, e, portanto, uma carga de fluido frigorífico reduzida irá proporcionar um maior nível de segurança para um sistema. Existem benefícios adicionais a serem ganhos no caso de menores quantidades de carga, tais como perspectiva de custo; não só porque é necessário menos quantidade do fluido frigorífico, mas um volume interno menor normalmente corresponde a menos material de construção (ou seja, metal). Além disso, cargas menores podem melhorar a eficiência do sistema reduzindo a ciclagem dos compressores devido à menor quantidade de massa de fluido frigorífico a ser redistribuída, a fim de atingir o equilíbrio térmico. Por outro lado, a principal desvantagem em reduzir a quantidade de carga é que o desempenho do sistema tende a ser mais sensível a vazamentos, ou seja, a eficiência e a capacidade podem ser prejudicadas imediatamente após o vazamento de fluido frigorífico. Às vezes, a estabilidade do sistema pode ser reduzida, por exemplo, controlando o superaquecimento do evaporador. É importante sempre realizar redução de carga junto com uma otimização de desempenho do sistema, de forma que sejam obtidos duplos benefícios, e que um não seja obtido em detrimento do outro.

Até recentemente, o método de redução da quantidade de carga normalmente não era realizado em indústrias de RAC, já que não havia motivação em fazê-lo. Esse é um conceito relativamente novo, e é provável que tenha mais foco à medida que haja um progresso nas questões ambientais e relacionadas à segurança.[25]

## 5.4.2 Conceito geral

O conceito geral para redução de carga de fluido frigorífico pode ser tratado em três níveis:

- Dependendo da aplicação, ou seja, considerações externas que, por exemplo, reduzam a carga térmica do sistema ou diminua os comprimentos dos tubos;
- Dependendo do design do sistema, ou seja, do tipo de sistema, por exemplo, o uso de uma expansão direta em vez de um sistema inundado ou um sistema indireto em vez de um sistema de expansão indireta;
- Dependendo do componente do sistema, ou seja, da seleção e projeto de, por exemplo, trocadores de calor, tubulação, entre outros.

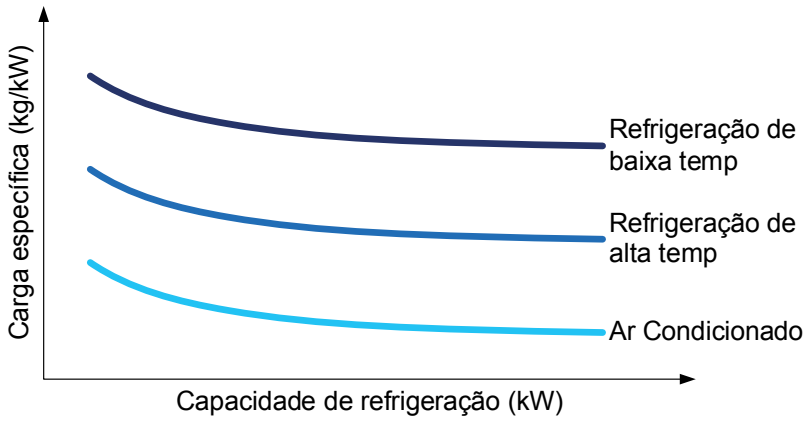
Para sistemas de ar condicionado, a redução da carga térmica é um tema complicado porque não é facilmente controlado pelo fabricante nem pelo instalador, devido à relação entre a carga térmica e a quantidade de fluido frigorífico necessário para um determinado sistema. Entretanto, para equipamento de refrigeração, podem ser consideradas algumas questões como espessura do isolamento, eficiência de componente elétrico bem como outros aspectos de projeto. Em termos de design do sistema, existe uma variedade de implicações que podem ser relevantes para quantidade de carga do sistema: como um sistema direto, inundado ou indireto; com um único evaporador ou multievaporadores; de um único estágio, multiestágios ou sistema em cascata; e com um sistema integrado tipo “self-contained” ou dividido tipo “split”. Dependendo do tipo e propósito do sistema, outros conceitos devem ser considerados. Por exemplo, adotar um sistema indireto em vez de um sistema de expansão direta ou inundado pode reduzir a quantidade de carga em até 10 vezes, enquanto em alguns casos o uso de um circuito indireto pode não ser prático, podendo introduzir custos adicionais significativos ou até resultar em uma redução da eficiência do sistema.

Uma maneira comum de avaliar a carga de fluido frigorífico dentro de um sistema é por meio da “carga específica”, que é a razão entre a massa da carga introduzida no sistema e sua capacidade de refrigeração

25 É recomendado que o leitor consulte as publicações do Instituto Internacional de Refrigeração, nas quais várias conferências técnicas tratam do tema de minimização da carga de fluido frigorífico (www.iifiir.org).

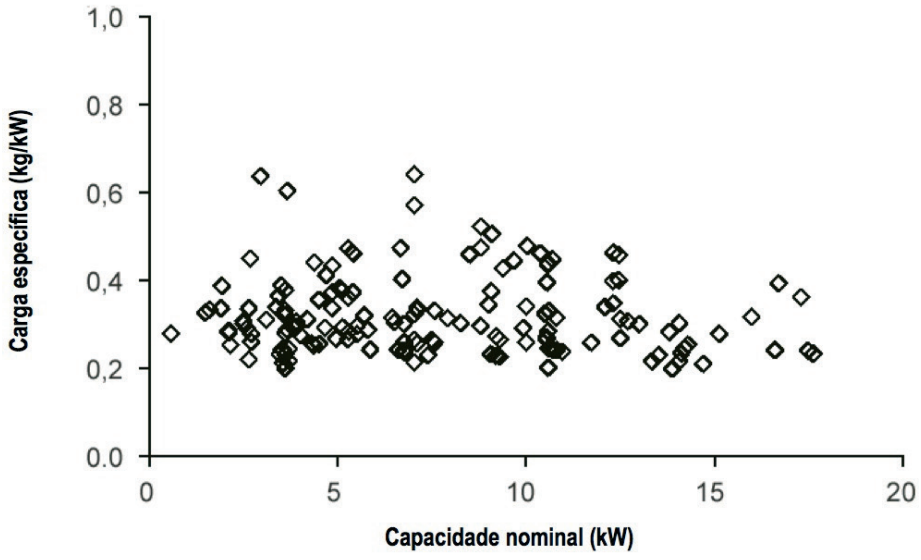
nominal. Geralmente, a carga específica – para um determinado projeto de sistema – varia conforme a capacidade de refrigeração nominal e a temperatura da aplicação (Figura 24). Para um aumento da capacidade de refrigeração, a carga específica irá diminuir, devido à mudança desproporcional no volume interno das partes que contenham fluido frigorífico. Para um determinado sistema (com uma carga fixa), uma temperatura de evaporação mais baixa irá coincidir com uma redução na capacidade de refrigeração, portanto a carga específica será maior. Além disso, os sistemas que dependem de comprimentos de tubos maiores e que usam tanque de líquido também terão cargas específicas maiores.

Figura 24: Ilustração de como a carga de fluido frigorífico específica pode variar conforme a capacidade de refrigeração do sistema e intervalo de temperatura de aplicação




A Figura 25 oferece alguns dados para ar-condicionado do tipo split (dividido), usando R22. Esse conjunto de dados representa cerca de 250 modelos de nove fabricantes diferentes. Pode-se observar que para uma determinada capacidade de refrigeração, alguns modelos usam mais de três vezes a quantidade de fluido frigorífico que outros. Esse exemplo é útil para destacar o potencial da redução da quantidade de carga em tais equipamentos.

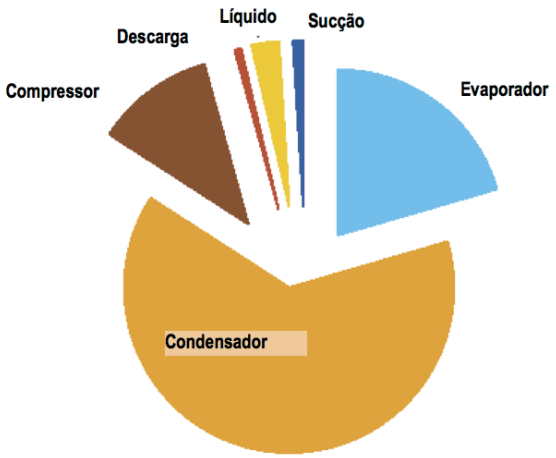
Figura 25: Variação da carga de fluido frigorífico específica para, aproximadamente, 250 aparelhos de ar-condicionado split usando R22, de nove fabricantes diferentes



### 5.4.3 Considerações relacionadas a cada tipo de componente do sistema

É importante entender a distribuição típica de fluido frigorífico dentro dos sistemas, já que isso ajuda na identificação de áreas onde se deve focar o trabalho de minimização de carga. A Figuras 26 mostra um detalhamento da distribuição de fluido frigorífico entre componentes de um ar-condicionado tipo split (dividido), embora essa distribuição seja similar a outros tipos de sistema como, por exemplo, um aparelho ar-condicionado de janela, um pequeno chiller de ar-condicionado, um expositor refrigerado integrado do tipo "self-contained" e um refrigerador comercial para congelados. Em geral, pode ser observado que a maioria do fluido frigorífico se concentra dentro do condensador, compressor, evaporador e linha de líquido. Em termos de projeto de componente, o maior potencial para redução de carga está dentro dos trocadores de calor, e esse deve ser o foco principal.

Figura 26: Exemplo de distribuição de carga de fluido frigorífico dentro de um ar-condicionado do tipo split




Na realização do trabalho de minimização de carga, alguns critérios devem ser obedecidos: em particular, mantendo a capacidade de refrigeração (ou aquecimento) do projeto, e mantendo– ou aumentando – a eficiência existente. Além disso, é importante considerar o efeito da variação da carga tanto na capacidade de refrigeração (ou aquecimento) quanto na eficiência do sistema. Essa é uma preocupação importante quando se está lidando com sistemas que usam tubos capilares, tubo restritor (para expansão) e, em menor grau, válvulas de expansão termostática.

#### Compressores

Tipos diferentes de compressores possuem uma variedade de volumes internos, assim a quantidade de fluido frigorífico contido dentro do compressor irá variar bastante. Por exemplo, rotativos, scroll e recíprocos (de pistão) herméticos, todos esses tipos possuem volumes internos menores que, por exemplo, compressores abertos e recíprocos (de pistão) semi-herméticos e parafusos. Normalmente, o fluido frigorífico ocupa, principalmente, duas regiões dentro de um compressor: uma delas é a sucção, quando o fluido está em forma de vapor e baixa pressão; e, a outra, é dentro, misturado no óleo dentro do cárter do compressor. Portanto, a fim de reduzir a carga de fluido frigorífico dentro do compressor, existem três opções:

- Selecionar um compressor com o menor volume interno possível;
- Reduzir o volume interno da câmara de sucção;
- Usar um óleo de baixa solubilidade com fluido frigorífico.

Em termos de seleção de um compressor com pequeno volume interno, os dados podem ser normalmente fornecidos pelos fabricantes de compressores. Reduzir o volume interno do compressor é obviamente uma atividade para o fabricante do compressor, em vez de o projetista do sistema. Deve ser observado também

que se o volume interno for muito pequeno, pode haver grandes perdas de pressão ao longo da passagem do fluxo pelo compressor, o que seria por tanto prejudicial para o desempenho, e pode também afetar negativamente a distribuição de óleo dentro do cárter. O óleo pode ser um problema significativo para o fluido frigorífico, então usar um óleo com baixa solubilidade (com o uso de fluido frigorífico) absorverá quantidades mínimas de fluido frigorífico durante a operação. Em particular, muitos óleos minerais e polyolester (POE) tendem a conter mais fluido frigorífico que óleos de polialquileno glicol (PAG). Óleos de alquilbenzeno (AB) e polialfa olefinas (PAO) têm solubilidades moderadas. Por último, a escolha de óleo depende normalmente mais de critérios de desempenho, do que de propósitos de redução de carga, e é normalmente o fabricante do compressor que define o lubrificante correto que se deve usar dentro de um compressor específico.

**Evaporadores e condensadores**

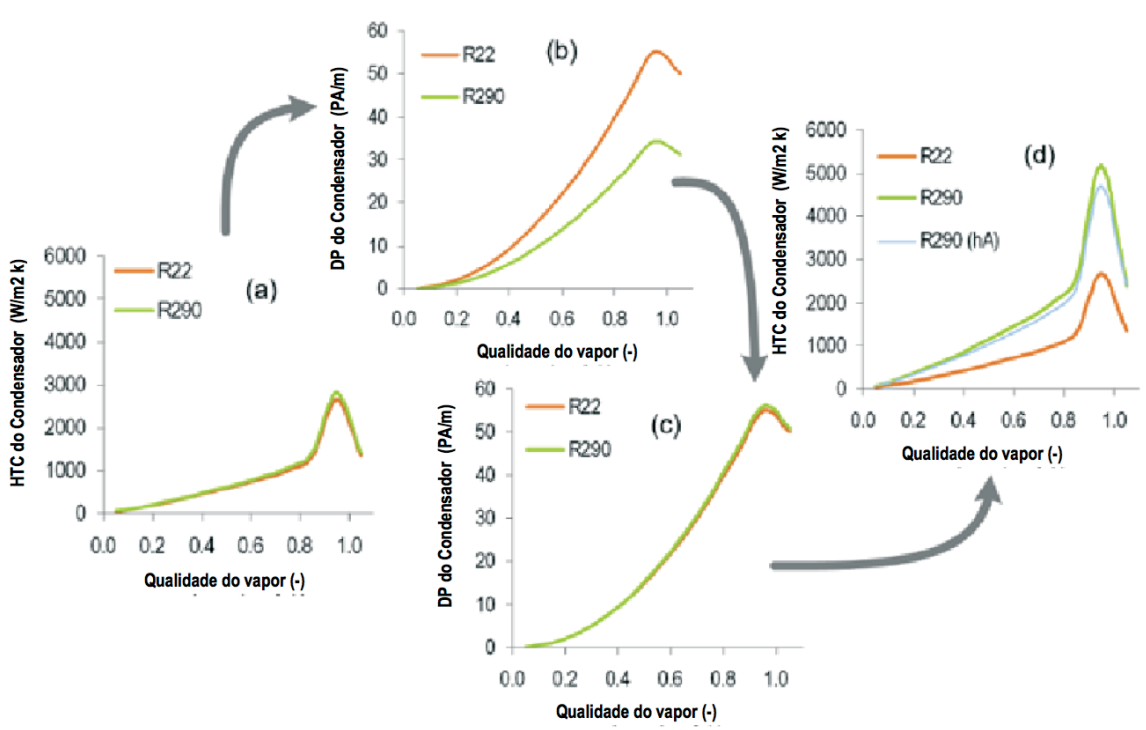
A escolha do tipo de evaporador e condensador tem uma grande influência na massa do fluido frigorífico. Enquanto a escolha do tipo de trocador é limitada por causa da aplicação (ou seja, fluido frigorífico trocando calor com água, com ar, etc.), ainda é possível tratar de subtipos de trocadores de calor e designs específicos.

No caso dos trocadores de calor de fluido frigorífico com ar, pode-se escolher entre trocadores tipo tubo-aleta ou tipo microcanal (em que pequenos tubos essencialmente ficam dentro das aletas). Os últimos podem ter custo maior, apesar de reduzirem significativamente a carga e o volume total para o trocador (para a mesma capacidade e diferença de temperatura) ser notavelmente menor. Ao reduzir o diâmetro do tubo pela metade e dobrar o seu comprimento (para manter a área de superfície), a carga pode ser aproximadamente a metade. Portanto, no geral, uma maior velocidade da massa resultará em uma carga menor.

As serpentinas de tubo aletado convencionais podem, então, ser reprojetadas com a redução do diâmetro do tubo e o aumento do número de circuitos. Como a viscosidade dos HCs tende a ser mais baixa que a dos HCFCs e HFCs comuns, uma redução adicional do diâmetro do tubo geralmente resultará na mesma perda de pressão, logo outra redução do diâmetro provavelmente necessitará de um aumento ainda maior do número de circuitos. Normalmente, o evaporador suporta apenas uma redução moderada da quantidade de sua carga. No entanto, ajustar o projeto do condensador deste modo pode proporcionar reduções significativas na carga.

A Figura 27 ilustra este conceito. Inicialmente, é mostrado o coeficiente de transferência de calor (HTC) na condensação do R22 e R290 para a mesma serpentina de condensação (a). No entanto, ao comparar a queda de pressão (b), nota-se que a do R290 é muito mais baixa. Portanto, se for considerado uma mesma queda de pressão para ambos fluidos o diâmetro da tubulação do R290 poderá ser reduzido (c). Por fim, ao comparar a transferência de calor subsequente (d), nota-se que o valor para o R290 é cerca de o dobro do valor para o R22. No entanto, o principal benefício é que o volume de fluido frigorífico do condensador e, por consequência, a massa desse fluido, caíram pela metade.

Figura 27: Ilustração dos benefícios da redução do diâmetro do tubo do condensador com R290




Também é apropriado projetar os circuitos do condensador de modo que toda a região de sub-resfriamento esteja concentrada em um único tubo. Deste modo, aprimora-se a transferência de calor na região em uma única fase. O uso de tubos aletados também possibilita o aumento da área de superfície externa, por exemplo, com mais aletas por unidade de comprimento, pois isso permite um volume interno (ou comprimento de tubo) menor, reduzindo a carga. No entanto, como em diversos outros aspectos, há fatores que limitam o quão perto as aletas podem ser colocadas (por exemplo, evitar um congelamento excessivo ou a acumulação de partículas em ambientes empoeirados).

Há vários problemas potenciais que podem ocorrer quando são utilizados tubos aletados com cargas menores e trocadores de calor microcanais. Portanto é importante considerar os seguintes aspectos:

- No caso dos microcanais, os circuitos mais curtos tendem a inibir a drenagem do condensado, principalmente com trocadores de uma única passagem e com o mesmo tubo coletor;
- O congelamento e descongelamento é um grande problema por conta da proximidade das aletas e dos tubos;
- Boa parte do fluido frigorífico pode ser retida entre as curvas, conexões em "T"e coletores (manifolds). Com isso, uma redução significativa do diâmetro do tubo pode não representar uma redução equivalente da carga do trocador de calor como um todo;
- Há uma grande a probabilidade de ocorrer entupimento e má distribuição do fluido frigorífico. Da mesma maneira também pode haver problemas com os evaporadores devido à formação de gelo proveniente da umidade;
- Ao realizar estudos, e principalmente em exercícios de modelagem para investigar a possibilidade do uso de tubos menores, é importante reconhecer que as correlações entre a queda de pressão e a transferência de calor, geralmente usada para diâmetros de tubos de dimensões normatizadas, pode não ser aplicável a tubos muito pequenos. Portanto, devem ser solicitados tubos mais apropriados, bem como validação experimental;

- No interior dos evaporadores, há uma ocorrência maior de instabilidade de ebulição com tubos de diâmetros menores, resultando em variações intermitentes no coeficiente de transferência de calor. Isso acarreta a necessidade do uso de uma área de superfície interna maior que a esperada.

Há diferentes opções de trocadores de calor de fluido frigorífico com água dos tipos casco e tubo, tubo coaxial e trocador de calor a placa. Geralmente, os trocadores tipo casco e tubo (que têm o fluido frigorífico do lado externo dos tubos) requerem quantidades muito grandes de fluido frigorífico e, normalmente, são usados para tipos específicos de grandes sistemas. O tipo tubo e casco (com fluido frigorífico no interior dos tubos) requer quantidades menores de fluido frigorífico.

Quando possível, é preferível empregar evaporadores e condensadores de placas, pois eles contêm quantidades relativamente pequenas de fluido frigorífico e tendem a custar muito menos. Diversos fabricantes oferecem trocadores de placas de modelos variados, sendo que alguns requerem cargas menores que os outros. É recomendável realizar uma comparação dos produtos para identificar a menor carga com base na capacidade.

Também é válido considerar o uso de superfícies tratadas internamente (como superfícies reforçadas, melhorias geométricas, turbuladores, etc.), já que isto permite o uso de tubos de menores diâmetros enquanto mantém os mesmos coeficientes de transferência de calor.

Por último, é sempre importante considerar as implicações do uso de trocadores de calor "padrão" ou trocadores de calor feitos sob medida.  Em geral, um fornecedor de trocadores de calor pode oferecer uma quantidade limitada de modelos, por exemplo, em relação ao número de diâmetros de tubo diferentes, espaço do tubo etc. Obviamente, isso limita as opções para poder escolher. No entanto, se uma empresa se oferecer para a fabricação do design necessário, isto proporciona um escopo maior para a redução do tamanho da carga e a otimização do sistema.

**Linhas de líquido, distribuição, sucção e descarga**

A massa de fluido frigorífico que circula no interior das tubulações de interligação do sistema pode variar bastante dependendo dos tipos de sistemas, ou seja, das suas geometrias e dos seus layouts. Sabe-se que a escolha correta das tubulações pode proporcionar uma redução entre 15% e 40% da carga de fluido, dependendo do tipo do layout do sistema em questão. O uso de fluidos frigoríficos HCs apresenta importantes vantagens em comparação com fluidos frigoríficos fluorados, como o R22, já que a viscosidade do HC é menor. Portanto, suas quedas de pressão são menores para os mesmos tamanhos de tubo selecionados para a aplicação com fluídos fluorados. Contudo, pode-se adotar o uso de diâmetros de tubo levemente menores, e quando realizado corretamente, certamente reduzirá a massa de carga de fluido sem afetar negativamente o desempenho. Pode-se obter importantes vantagens caso essas considerações sejam aplicadas as linhas de líquido, pois o fluxo volumétrico é menor no interior das tubulações das linhas de líquido de que no interior de outras tubulações (em que o fluido encontra-se na fase de vapor), portanto, nas linhas de líquido podem ser utilizados diâmetros menores para reduzir significativamente a massa do fluido frigorífico. Entretanto, é importante que as quedas de pressão não aumentem significativamente, pois caso contrário, ocorrerá um "flash gas" do fluido frigorífico, que pode prejudicar a operação do sistema. Porém, esses problemas podem ser superados por meio do uso de bombas para circulação de fluidos frigoríficos na fase líquida (geralmente usadas em grandes sistemas) ou trocadores (sub-resfriadores) usados para transferir calor entre as linhas de sucção e líquido.

Se o sistema possui uma linha (de duas fases) de distribuição razoavelmente longa dentro do evaporador, também podem ser obtidos benefícios similares com a redução dos diâmetros desses tubos. Na verdade, também é possível adotar esse conceito para as linhas de líquido, ou seja, utilizar uma "pré-expansão" onde o líquido que sai do condensador é levemente expandido, e, então, tanto o líquido quanto o vapor passam pela linha de líquido, de modo que o vapor desloca o que normalmente seria ocupado pelo líquido. Por último, deve-se considerar que – principalmente em sistemas menores – os acréscimos no comprimento da tubulação padrão de refrigeração não necessariamente proporcionam reduções nos tamanhos do tubo sem aumentar a queda de pressão total do sistema.

**Tanques de líquido e acumuladores de sucção**

Os tanques de líquido podem estar localizados no lado de alta pressão, no lado da baixa pressão ou na pressão intermediária em um sistema multiestágio. Geralmente, eles demandam grandes quantidades adicionais de fluido frigorífico (aproximadamente o dobro da carga) e, portanto, devem ser evitados sempre que possível. No entanto, eles geralmente são utilizados por uma razão específica, como, por exemplo, para manter a eficiência das diferentes condições de operação ou para proporcionar o uso de ciclos de recolhimento tipo "pump-down". Por conta disso, pode ser difícil descartar o uso dos tanques de líquidos. Como alternativa ao tanque de líquido, pode ser utilizado um condensador maior projetado criteriosamente para que seja evitada uma carga maior de fluido frigorífico. Se o uso do tanque de líquido for absolutamente necessário, ele deve ser dimensionado de modo que acomode apenas a variação máxima e mínima no nível de líquido. Além disso, é preferível o uso de tanques de líquido montados verticalmente (em vez de horizontalmente), já que os verticais podem ser dimensionados com maior precisão para se enquadrar aos limites.

Os acumuladores de sucção geralmente são utilizados quando são previstas condições muito diversas e quando são utilizados tubos capilares e tubo restritor (para expansão) no sistema, evitando retorno de líquido para o compressor. Apesar de o volume dos acumuladores ser relativamente grande, já que eles contêm vapor superaquecido, a massa de carga ocupada não é tão significativa quanto a do tanque de líquido. No entanto, podem ser obtidas reduções consideráveis da quantidade da carga por meio da otimização da geometria do acumulador. Ou seja, o menor volume possível, para reduzir a velocidade o suficiente para conter gotículas de líquido.

# 5.5 FONTES DE IGNIÇÃO E MÉTODOS DE PREVENÇÃO

## 5.5.1 Introdução

Se o fluido frigorífico vazar do sistema, não devem haver fontes de ignição (SOI – Sources of Ignition) associadas ao equipamento que possam inflamá-lo. As SOIs potenciais incluem:[26]

- Uma faísca com energia > 20 mJ;
- Uma chama exposta;
- Uma superfície com calor > 450 ºC.

Portanto, medidas devem ser tomadas para evitar as fontes diretas de ignição, tais como superfícies excessivamente quentes, interruptores elétricos e contatos elétricos expostos ou contatos prestes a entrar em contato com qualquer fluido frigorífico liberado no interior do sistema. Isso pode ser feito de inúmeras maneiras.

## 5.5.2 Superfícies quentes

Todas as peças do equipamento devem ser verificadas para garantir que quaisquer superfícies que possam ser expostas ao fluido frigorífico proveniente de vazamento não excedam a temperatura de autoignição que é menor que 100 K (veja a Tabela 24 no Anexo 4). Isso equivale a aproximadamente 350 ºC para a maioria dos HCs. A temperatura deve ser sempre verificada por meio de testes, a não ser que a temperatura máxima da superfície de um componente (sob condições controladas) seja informada pelo fabricante. Esses testes são especificados pela EN 60335-1, EN 60335-2-24, EN 60335-2-34, EN 60335-2-40, EN 60335-2-89 e EN 60204-1. Em todas essas normas, os testes devem seguir os seguintes critérios:

26 Além das SOI indicadas, deve-se considerar as seguintes: chamas, gases quentes, partículas quentes, faíscas geradas mecanicamente, aparelhos elétricos (circuitos elétricos abertos e fechados, conexões soltas, correntes dispersas), outras ondas Eletromagnéticas (de 3 x 1,011 Hz a 3 x 1,015 Hz), radiação ionizante, ultrassônicos, ondas de choque, reações exotérmicas, incluindo autoignição de poeira explosiva.

- A temperatura deve ser medida continuamente por termopares fixados na superfície externa do componente;
- Durante o teste deve-se desativar os dispositivos de proteção que não sejam os protetores térmicos do motor do compressor (com "reset" automático), e os dispositivos de proteção sem "reset" automático, ou outros dispositivos, que usam intencionalmente um material de baixa resistência, que está sujeito à quebra ou rompimento em condições de operação com altas temperaturas, e, consequentemente, poderá interromper/abrir permanentemente um circuito elétrico, ou seja, funcionando como um fusível;
- Durante as condições normais de operação, os protetores térmicos do motor do compressor também devem ser desativados;
- Se for utilizado um dispositivo de controle para interromper o degelo em determinada temperatura ou pressão, o período de degelo deve ser automaticamente interrompido quando o controle for ativado;
- Durante o teste, o componente usado para vedação não deve ser danificado.

### 5.5.3 Fontes de ignição provenientes de componentes elétricos

Os componentes elétricos devem ser selecionados e/ou instalados cuidadosamente. Os equipamentos de RAC devem ser fabricados de modo que qualquer fluido frigorífico proveniente de vazamento não tenha contato, nem se deposite nos compartimentos onde componentes elétricos estão instalados, já que estes podem ser fontes de ignição (mesmo funcionando sob condições normais na ocorrência de um vazamento). De acordo com as normas de segurança aplicáveis (EN 378, EN 60335-2-24, EN 60335-2-40, EN 60335-2-89), todos os componentes elétricos que possam agir como fonte de ignição sob tais condições devem atender ao menos uma das seguintes orientações:[27]

- O componente deve ser fabricado em conformidade com as normas EN 60079-15 ou IEC 60079-15 (para gases do grupo IIA), obedecendo às cláusulas 9 a 16;
- O componente deve ser fabricado em conformidade com as normas EN 60079-15 ou IEC 60079-15 (para gases do grupo IIA), obedecendo às cláusulas:
  - 3 e 4;
  - 17 a 30;
  - 31, para compartimento com circulação de ar restrita;
  - 33.5.3.2 (esta cláusula também pode ser usada para caixas de quadros elétricos maiores que 100 $cm^3$).
- O componente deve estar localizado dentro de uma caixa de quadro elétrico que se adéqua aos requisitos da norma EN 60079-15 para caixas de quadro elétrico (apropriado para gases do grupo IIA);
- Todos os componentes elétricos devem ser apropriados para o uso em áreas de zona 2, 1 ou 0, conforme definido na norma IEC 60079-14.

O componente não deve estar localizado em uma área onde uma mistura potencialmente inflamável de fluido frigorífico e ar possa se acumular. Isto é demonstrado pelo teste de simulação de vazamento descrito adiante.

Além disso, deve-se tomar cuidado para que terminais elétricos, incluindo terminais de capacitores, estejam devidamente apertados, e não corram o risco de perderem o aperto. Também deve-se garantir que haja isolamento adequado para evitar que peças com carga elétrica entrem em curto entre elas. Da mesma forma, os motores elétricos devem ser do tipo "brushless" (sem escova).

27 Consulte a norma específica para detalhes mais precisos.

Apesar de ser uma prática normal aterrar todas as peças de um equipamento (incluindo a caixa e peças auxiliares), é de extrema importância garantir que isto seja feito de modo abrangente para equipamentos que usam fluidos frigoríficos inflamáveis.

### 5.5.4 Orientações relacionadas às peças dos ventiladores

No caso dos ventiladores, é possível que sejam geradas faíscas entre a carcaça e as pás do ventilador. Apesar de a probabilidade de ocorrem faíscas ser baixa, é responsabilidade do projetista do sistema considerar esta questão. No geral, a possibilidade da geração de faíscas por conta de impactos mecânicos é praticamente nula, já que o uso de certos materiais é evitado, e a possibilidade de impactos é reduzida por conta de uma distância de segurança mínima entre as peças. Para orientações gerais, deve-se observar o seguinte:

- A construção do ventilador deve prever um design resistente, considerando carcaças, estruturas de suporte, grades de proteção, dispositivos de proteção e outras peças externas, principalmente no caso de uma deformação provocada por um impacto ser tamanha que as peças deslocadas não entrem em contato com a carcaça;
- Deve-se levar em consideração o alinhamento de materiais entre a carcaça e as pás do ventilador, que, caso entrem em contato durante a operação, podem gerar calor por conta da fricção ou de faíscas. No geral, esses pares de peças podem ser montados conforme as seguintes orientações:
    - normalmente, se aceita materiais plásticos para ambas as partes;
    - normalmente, se aceita materiais plásticos e qualquer tipo de metal para ambas as partes;
    - normalmente, se aceita o alumínio ou outros pares de materiais metálicos;
    - não devem ser utilizados pares de aço inoxidável;
    - pares de liga de aço e bronze também não devem ser usados.
- Se forem utilizadas pares metálicos (exceto alumínio), o conteúdo de cromo devem ser menor que 15% (para evitar a geração de faíscas), a velocidade de rotação deve ser menor que 40 m/s e considerações adicionais são necessárias caso a potência do eixo seja maior que 5,5 kW;
- Não deve ser usada tinta contendo alumínio ou óxidos de ferro, por conta do risco da geração de faíscas;
- O ventilador deve ser instalado de modo a evitar vibração excessiva;
- Todas as peças metálicas devem ser aterradas;
- O critério mais importante é a distância de folga entre as pás e a carcaça do ventilador, que deve ser de ao menos 1% do diâmetro e nunca menor que 2 mm.

Ao escolher um ventilador, deve-se levar em conta a sua aplicação e o nível de proteção necessário de acordo com essa aplicação. Por exemplo, se o ventilador for utilizado apenas para a circulação de ar, o nível de proteção provavelmente não precisa ser muito alto. Mas, se o propósito do ventilador for o de realizar a exaustão de concentrações inflamáveis derivadas de um vazamento de fluido frigorífico, os requisitos devem ser apropriados para atender as regras de uso em condições de atmosfera explosiva.

**EXEMPLOS DE FONTES POTENCIAIS DE IGNIÇÃO**

Deve-se dar atenção especial aos seguintes itens elétricos que podem proporcionar fontes de ignição elétrica direta:

- interruptores manuais;
- chave de nível de líquido;
- bomba de remoção de condensado;
- termostatos;
- chaves de fluxo;
- controladores de velocidade do ventilador;
- pressostatos;
- relés de partida;
- controladores programáveis;
- relés de potência;
- termostatos de degelo;
- chave seccionadora;
- relés universais;
- temporizadores;
- minidisjuntores;
- pressostatos diferenciais de óleo;
- relé de sobrecarga (térmico);
- "timer" (de atraso) de partida do ventilador.

Certifique-se de que os itens acima tenham componentes eletrônicos de estado sólido (que não produz faíscas), caso contrário eles devem possuir vedação com no mínimo um grau de proteção IP67, ou devem estar localizados do lado externo do gabinete das partes que contenham fluido frigorífico. Com isso, os critérios de teste relacionados abaixo geralmente serão atendidos.

### 5.5.5 Considerações adicionais

Dependendo do método utilizado para evitar fontes de ignição, também se deve considerar as condições de instalação e operação dos componentes ao longo da vida útil do equipamento. As seguintes situações devem ser consideradas:

- Os componentes devem estar vedados ou totalmente fechados. Um componente danificado pode ser substituído por outro de estanqueidade inferior, ou, após o reparo de um componente no equipamento, o método de vedação pode ser acidentalmente danificado. Além disso, o desgaste natural de um componente, seja por exposição ao tempo ou corrosão, também pode torná-lo incompatível com os requisitos das normas gerais de segurança.
- Deve-se usar componentes eletrônicos de estado sólido. Apesar de tais dispositivos geralmente não produzirem faíscas, no caso de sobrecarga ou defeito de fabricação, podem ocorrer temperaturas muito altas, arcos elétricos ou mesmo chama direta.
- Os componentes devem estar instalados em locais adequados. É aconselhável adotar o método que utiliza testes para identificar a localização de fontes potenciais de ignição em lugares que não terá concentrações inflamáveis no caso de vazamento, já que isso evita as prováveis complicações conforme descritas acima. No entanto, é importante, em primeiro lugar, garantir que os testes sejam conduzidos e analisados com abrangência, já que é fácil cometer erros na condução desse método e, em segundo lugar, que não seja possível o reposicionamento do mesmo componente ou de um componente similar (para um local mais vulnerável).
- Evitar o uso de componentes no interior de espaços confinados. Apesar de certos métodos permitirem o uso de SOI potenciais em espaços confinados – como dentro de expositores refrigerados ou chillers – desde que certos critérios sejam atendidos, é altamente recomendado que o uso desse método seja evitado. Mesmo que diversas funções sejam ajustadas, e testes sejam realizados, para impedir que o fluido frigorífico entre em um espaço confinado e atinja uma SOI potencial, as consequências da ignição em tal local são muito mais graves que a ignição que ocorre fora de um espaço confinado (veja Parte 5.8.7). Considerando o efeito de desgaste natural dos componentes e a possibilidade de técnicos sem treinamento adequado realizarem alterações inesperadas no equipamento, é aconselhável eliminar todas as SOI potenciais de espaços fechados e confinados.

Além disso, também é válido avaliar as partes que normalmente não são consideradas componentes que apresentem fontes potenciais de ignição sob cenários de falha. Isto pode incluir conexões elétricas e terminais que podem estar funcionando sem o aperto apropriado (soltos).

Apesar de os plugues (macho) e as tomadas (fêmea) elétricas para a conexão de equipamentos à rede de energia principal não serem necessariamente SOI, há um risco potencial, principalmente se forem desconectados de forma inadequada. Para sistemas com pequenas cargas de fluido, isso pode não ter grande importância, mas para sistemas que usam grandes cargas de fluido e nos quais serviços normalmente são realizados no local, é recomendável o uso dos plugues conforme os seguintes tipos:

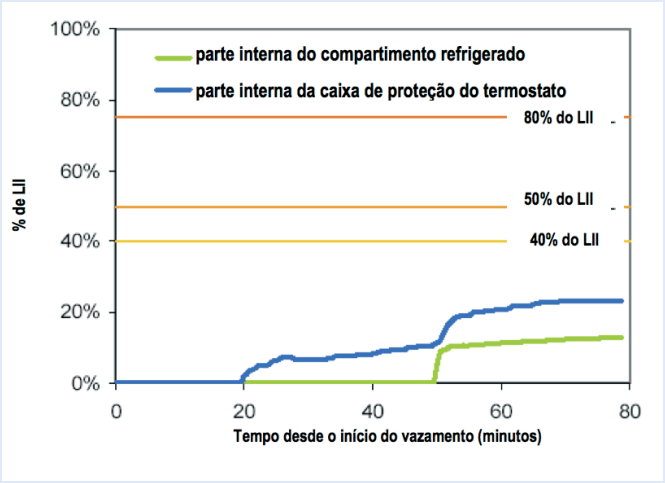
- Intertravamento mecânico, elétrico ou projetado de modo que não se separem (sejam desconectados) quando os contatos estiverem energizados. Além disso, os contatos não podem ser energizados quando os plugues e tomadas estiverem separados (desconectados);
- Se eles estiverem conectados a apenas um aparelho, podem ser travados mecanicamente para evitar a desconexão acidental. O aparelho deve ser marcado com o aviso –"ADVERTÊNCIA– não remover ou substituir o fusível quando ele estiver energizado", ou "ADVERTÊNCIA – não desconectar quando energizado".

Da mesma forma, os plugues, tomadas e conectores similares para as conexões internas devem possuir uma força de desconexão mínima de 15 N, ou estarem protegidos mecanicamente contra afrouxamento ou desconexão.

Também é válido ressaltar a presença de arcos elétricos no interior da máquina de refrigeração, principalmente no compressor, pois, é comum ocorrer arcos elétricos em compressores herméticos e semi-herméticos. No entanto, a concentração de fluido frigorífico é (ou deveria ser) de 100% isento de ar ou oxigênio, por exemplo. Portanto, qualquer arco elétrico no interior do sistema não provocará combustão. É importante observar que, mesmo na ocorrência de um vazamento para o interior do sistema no lado da sucção do compressor por conta de uma pressão de evaporação abaixo da pressão atmosférica, um sistema normal deve parar de operar mesmo que tenha 5% de ar, e não deveria operar de forma alguma se tivesse 90% (porcentagem necessária para a ignição).

**EXEMPLO DE TESTE DE SIMULAÇÃO DE VAZAMENTO**

A figura abaixo mostra os resultados de um teste de simulação de vazamento de fluido frigorífico de fora para dentro da caixa de proteção de um termostato que está localizado dentro de um compartimento refrigerado. O método utilizado foi o seguinte: uma quantidade de fluido frigorífico R600a – de um cilindro dentro de um recipiente com água a 32 °C e sobre uma balança eletrônica – foi injetada através de tubo capilar em "pontos críticos" dentro de uma área isolada termicamente com espuma localizada na parte interna de um gabinete. Alguns pontos de amostragem conectados a um analisador de gás por infravermelho foram posicionados na parte interna da caixa de proteção do termostato e outro no meio do compartimento refrigerado. Trinta (30) gramas (80% da carga nominal) de R600a foram injetados em cada ponto crítico. De acordo com as condições, o tempo de vazamento foi de aproximadamente sete minutos. Durante o primeiro teste no primeiro "ponto crítico", uma quantidade insignificante de gás entrou no compartimento (os dados não foram mostrados porque a concentração foi <0,1% do LII). O segundo teste no segundo "ponto crítico" mostrou um aumento significativo na concentração de gás. No entanto, percebe-se que há um atraso entre o tempo de vazamento e de concentração efetiva do gás dentro do compartimento – isto por conta da migração gradual do fluido frigorífico através da espuma entre a parede do gabinete. No entanto, nem a concentração no interior do compartimento e, mais importante, nem a concentração no interior da caixa de proteção do termostato se aproximaram das concentrações mínimas estabelecidas pelos critérios do teste (i.e. 40%, 50% ou 75% do LII). Portanto, neste exemplo, o termostato não é considerado uma fonte potencial de ignição.




## 5.5.6 Testes de simulação de vazamento para fontes potenciais de ignição

Quando são usados fluidos frigoríficos HCs, pode haver a necessidade da realização de um teste para determinar se os componentes elétricos são fontes potenciais de ignição. O teste é aplicado a uma amostra de cada sistema de refrigeração. Esse tipo de teste é descrito na maioria das normas relevantes, apesar de haver variações dependendo do tipo de equipamento considerado pela norma. Os testes considerados na EN 378, EN 60335-2-24, EN 60335-2-40 e EN 60335-2-89 são descritos abaixo. Há algumas diferenças entre os testes detalhados em algumas normas, parcialmente por conta das características dos equipamentos, e parcialmente por conta da falta de alinhamento na elaboração dos requisitos. A metodologia geral aplica-se a todos os testes. As variações entre os tipos de equipamento são identificadas na Tabela 11. No geral, há duas categorias de equipamento: equipamento de refrigeração para armazenamento de produtos (por exemplo, refrigeradores domésticos e comerciais, freezers, etc.) e todos os outros tipos de equipamentos. Apesar de os requisitos do teste para o segundo tipo serem derivados das normas aplicadas para os refrigeradores domésticos e comerciais que usam até 150 g de fluido frigorífico HC, os métodos de teste da norma EN 378, por exemplo, que se aplicam aos demais equipamentos, não são muito apropriados para equipamentos de refrigeração para armazenamento de produtos que usam grandes quantidades de carga de fluido frigorífico.

No entanto, esses testes também dependem muito do projeto do equipamento (no momento do teste) e, claro, do método utilizado pelo técnico que realiza o trabalho. Portanto, abaixo também são fornecidas opções adicionais para tornar mais confiável a série de testes a ser realizada.

Ao realizar esses testes, a área de teste deve ser construída de acordo com os padrões, por exemplo, da Diretiva ATEX da UE e/ou dos requisitos indicados pelas normas de áreas de risco, como a série IEC 60079. A instalação deve ser aprovada por um organismo competente.

**Metodologia geral do teste**

É simulado um vazamento de fluido frigorífico em diversas posições em torno do circuito considerado "crítico", isto é, pontos em que um vazamento é mais provável, como discutido abaixo. Ao longo do teste, a concentração de fluido frigorífico é medida continuamente em posições ao redor da cada fonte potencial de ignição. A concentração do vazamento de fluido frigorífico é medida ao menos a cada 30 segundos, do início até o final do teste, o mais próximo possível dos componentes elétricos que, durante a operação normal ou anormal, produzem faíscas e arcos elétricos.

A proteção existente, seja qual for, deve garantir um nível aceitável de resistência à introdução do fluido frigorífico inflamável se as medidas demonstrarem que os seguintes critérios são atendidos:

- A concentração não deve exceder 75% do LII do fluido frigorífico em nenhum momento;[28]
- A concentração não deve exceder 50% do LII do fluido frigorífico por mais de 5 minutos, ou a duração do teste deve ser menor que 5 minutos durante e depois que a quantidade de fluido liberada tiver sido injetada;
- A concentração de fluido frigorífico medida no entorno de um componente - que não funcionará durante a fase de pré-purga pode exceder 75% do LII durante esta fase.[29]

O teste deve ser realizado duas vezes e deve ser repetido uma terceira vez se um dos primeiros testes apontarem mais de 40% do LII.

28 Recomenda-se o uso de 50% do LII (em vez dos 75% especificados na norma) para estar em conformidade com os requisitos da EN/IEC 60079-15.

29 Também é recomendado o uso de 50% do LII.

**FIQUE ATENTO AOS COMPARTIMENTOS REFRIGERADOS**

É de suma importância prestar atenção ao uso de itens elétricos e outras fontes potenciais de ignição no interior de compartimentos refrigerados. Se houver um vazamento dentro do compartimento, sua dispersão será muito difícil, ao contrário da ocorrência de vazamentos externos ao aparelho na qual o fluido frigorífico normalmente se dispersará rapidamente. Se o fluido frigorífico ficar preso dentro do compartimento, é provável a formação de uma concentração inflamável que pode durar horas, dias e até mesmo semanas. Caso um componente elétrico falhe, as consequências podem ser graves. Portanto, siga algumas regras:

- Se for possível, certifique-se de que nenhuma fonte potencial de ignição, mesmo que esteja protegida, esteja alocada no interior do compartimento;
- Certifique-se de que não exista nenhuma forma de que o fluido frigorífico possa migrar da posição de um vazamento – proveniente de qualquer parte que contenha fluido frigorífico –, através do isolamento, ao longo da parte externa ou entre os cabos elétricos, por meio de painéis elétricos isolados eletricamente, etc. Realize testes abrangentes para verificar todas as possibilidades;
- Certifique-se de que qualquer forma de vedação (por exemplo, ao redor das entradas de cabos etc.) seja totalmente confiável, de tal modo que ela não poderá ser removida, não se dissolverá, carbonizará ou degradará ao longo do tempo. Considere a vida útil estendida do equipamento, isto é, 20 anos ou mais.

As condições gerais aplicáveis a vazamento são as seguintes:

- Um ponto crítico pode ser qualquer um dos pontos mencionados abaixo, mas está limitado somente a esses pontos:
  - Uma união da tubulação do sistema de fluido frigorífico;
  - Uma curva com mais de 90º;
  - Alguma posição no circuito considerada frágil devido espessura do metal;
  - Exposição a danos, a resistência da curvatura de uma dobra ou ao processo de fabricação;
  - Uniões de alumínio com cobre ou outras conexões bimetálicas;
  - Gaxetas ou selos de vedação de compressores, válvulas ou outros componentes.
- A simulação do vazamento deve ser feita na fase vapor, injetada através de um tubo capilar apropriado e deve-se tomar cuidado para garantir que a instalação do tubo capilar não influencie os resultados do teste de forma relevante. Por exemplo, pela penetração de espuma (isolamento) ou outras substâncias dentro do tubo capilar;
- A vazão mássica que passa através do tubo capilar vai depender do tipo de equipamento que está sendo testado e a parte específica que está sendo considerada;
- Durante um teste em que o aparelho está em operação, a injeção de gás deve ser iniciada no mesmo momento em que o aparelho é ligado;
- A taxa de vazamento deve ser controlada e a massa liberada deve ser confirmada por medição (de preferência, pesando o cilindro). Certifique-se de que tenha sobrado líquido no cilindro após o término do teste;
- Sempre que os testes forem realizados com o equipamento funcionado em operação normal, isto deve ser feito à tensão nominal;
- Não deve haver correntes de ar no local, a menos que a corrente seja produzida pelo aparelho;
- O posicionamento do sistema de refrigeração e do equipamento de refrigeração que está sendo usado como amostra para teste não deve influenciar os resultados do teste;

- Se for utilizado uma mistura de fluido frigorífico (um “blend”) que pode fracionar, os resultados do teste devem ser avaliados considerando o componente do “blend” que possuir o LII mais baixo;
- O equipamento para medição de concentração de fluido frigorífico deve ter uma resposta suficientemente rápida a mudanças na concentração (geralmente entre 2 e 3 segundos);
- Se o método de medição utilizado é do tipo que remove uma parte do gás injetado para usar como amostra, esse método pode ser usado somente se a taxa de gás removida for inferior a 4 ml por minuto.

Aplicam-se condições de teste específicas de acordo com o equipamento em questão, conforme detalhado na Tabela 11. Para equipamentos com SOI potencial tanto no interior quanto no exterior de um local fechado, ou na carcaça do equipamento ou em posições relativamente distantes das partes que contêm fluido frigorífico, será necessária a condução de dois ou mais conjuntos de teste dependendo de cada situação individual.

Para equipamentos de refrigeração para armazenamento de produtos, há duas categorias: os que possuem sistemas de resfriamento com proteção e os que possuem sistemas de resfriamento sem proteção.

Os aparelhos que possuem sistema de resfriamento com proteção são aqueles:

- Que não há nenhuma parte do sistema de resfriamento no interior de um compartimento para armazenar alimentos;
- Em que qualquer parte do sistema de resfriamento que esteja localizada no interior de um compartimento para armazenar alimentos seja fabricada de modo que o fluido frigorífico fique retido dentro de um revestimento com ao menos duas camadas de materiais metálicos o separando do compartimento para armazenar alimentos, e cada camada contendo espessura de ao menos 0,1 mm, o revestimento não dever possuir nenhuma junta além das juntas que unem as placas do evaporador e essas juntas devem ter uma largura de ao menos 6 mm;
- Em que qualquer parte do sistema de resfriamento que esteja localizada dentro de um compartimento para armazenar alimentos,  e que tenha o fluido frigorífico retido dentro de um revestimento de contenção, onde esse mesmo revestimento esteja dentro de um outro revestimento separado chamado revestimento de proteção; e se o vazamento do revestimento de contenção ocorrer, o fluido frigorífico proveniente de vazamento ficará retido no revestimento de proteção e o aparelho não funcionará normalmente;
- O revestimento de proteção também deve passar por um teste contra riscos e arranhões (conforme descrito nas normas pertinentes ao tema).

**CONCIENTIZAÇÃO DOS PROPRIETÁRIOS, GERENTES E OPERADORES**

Dependendo do tipo e do número de sistemas instalados, assim como das circunstâncias locais, pode haver a necessidade de os proprietários e operadores do equipamento estarem cientes das implicações do uso de fluidos frigoríficos inflamáveis (por exemplo, gerentes do local e de manutenção e "facilities"). Eventualmente, pode haver a necessidade da realização de outros tipos de serviços nas instalações os quais tenham alguma relação com o sistema de ar condicionado ou refrigeração, ou que possam causar algum impacto nesses sistemas que comprometa o nível de segurança planejado. Isto se aplica principalmente às situações em que profissionais de terceiros, mesmo que eles não estejam diretamente envolvidos com o equipamento de resfriamento precisem realizar serviços que envolvam as instalações existentes. Se esses funcionários externos não estiverem cientes da presença e das implicações dos fluidos frigoríficos inflamáveis, podem ser geradas situações que coloquem todos em risco. Portanto, os proprietários e operadores precisam estar cientes de quaisquer serviços que precisem ser realizados e que se enquadrem nessa categoria. Além disso, devem solicitar assistência e orientação do profissional competente em relação aos sistemas de refrigeração. As situações que podem provocar riscos incluem primariamente a instalação ou modificação de equipamento elétrico ou na alimentação elétrica relacionada com o sistema de refrigeração ou em sua proximidade, mas também alterações estruturais nos prédios, alojamentos etc. É essencial que os sistemas que estão em conformidade com os requisitos de segurança não sejam modificados por terceiros.

Os refrigeradores que possuem sistema de resfriamento sem proteção são aqueles:

- Em que ao menos uma parte do sistema de resfriamento esteja alocada dentro de um compartimento para armazenar alimentos, ou aqueles que não estejam em conformidade com os requisitos de sistemas de resfriamento com proteção.

O equipamento também pode ser projetado para possuir um sistema de pré-purga, em que um ventilador é utilizado para purgar um determinado local onde SOI potenciais podem estar presentes, mas antes que o equipamento seja energizado. Se esse método for usado, o projeto dos circuitos elétricos deve ser à prova de falhas, ou seja, se o fluxo de ar não puder ocorrer, então, o circuito elétrico não pode ser energizado.

Tabela 11: Visão geral dos diversos requisitos de teste para diferentes tipos de equipamento

| Critério | Gabinetes refrigerados/ freezers | | Demais sistemas |
|---|---|---|---|
| | Sistema de resfriamento com proteção | Sistema de resfriamento sem proteção | |
| Quantidade de vazamento<br>Para componentes dentro do compartimento | 50% da carga ±1,5g<br>80% da carga fluido frigorífico nominal ± 1,5 g ou o máximo que possa ser injetado em 1 hora, o que for menor. | 80% da carga fluido frigorífico nominal ± 1,5 g | A quantidade total liberada é a carga nominal total ou a quantidade máxima de vazamento baseada em teste. |
| Taxa de vazamento<br>Para componentes dentro do compartimento | Constante durante uma hora<br>De acordo com a quantidade liberada através de um tubo capilar de diâmetro de 0,7 mm ± 0,5 mm e um comprimento entre 2m e 3m. | A quantidade total liberada não pode exceder 10 minutos. | Ar-condicionado, bombas de calor etc. (com até 5 kg): a quantidade total liberada ±5% em quatro minutos.<br>Outros sistemas: a quantidade total liberada a 0,0017 kg/s (100 g/min) para 1 $m^3$ de volume interno do gabinete do equipamento. |
| Local do vazamento<br>Para componentes dentro do compartimento | No ponto mais próximo dos pontos críticos nas partes externa do circuito de resfriamento.<br>Na direção mais desfavorável. | O mais próximo do centro da parede traseira do compartimento, e um terço da sua altura medido de baixo para cima. | Na direção mais desfavorável. |
| Modo de operação | Aparelho de refrigeração desligado ou operando sob condições normais, o que proporcionar o resultado mais desfavorável | | Aparelho de refrigeração desligado ou operando em condições normais, o que for mais desfavorável (a menos que uma pré-purga seja ativado antes da energização de qualquer carga elétrica, o que faz com que o teste seja realizado enquanto o aparelho está em operação). |
| Para componentes dentro do compartimento | O aparelho de refrigeração deve ser testado com as portas e as tampas fechadas, e deve estar desligado ou operando sob condições normais, o que proporcionar o resultado mais desfavorável. Durante um teste em que o aparelho está em operação, a injeção de gás deve ser iniciada no momento em que o aparelho é ligado | Deve-se realizar dois testes: (a) onde 30 minutos após a conclusão da injeção, a porta ou tampa deve ser aberta a um movimento constante entre 2 e 4 segundos, a um ângulo de 90° ou o máximo possível, o que for menor; (b) deve ser realizado o mesmo processo do teste (a), exceto que no início a porta ou tampa passa por uma sequência de abertura/fechamento a um movimento constante entre 2 e 4 segundos. Para casos onde há mais de uma porta ou tampa, deve ser utilizada a sequência mais desfavorável de abertura. Se montado com motores de ventiladores, o teste deve ser realizado com a combinação mais desfavorável de operação do motor. | |
| Temperatura do cilindro de fluido frigorífico | 32 °C ± 2 K para simulação de vazamento em circuitos no lado de baixa pressão, ou 70 °C ±] 2 K para simulação de vazamento nos circuitos do lado de alta pressão. | | 20 a 25 °C |
| Tamanho da sala de teste | Não especificado. | | Volume ≥ 4 x M / LII, altura ≥ 2,2m. |
| Duração do teste<br>Para componentes dentro do compartimento | Até que a concentração comece a baixar.<br>Ao menos 1h após o término da injeção de gás. | Até que a concentração comece a baixar. | Não se aplica (até que a concentração comece a baixar). |

**Opções adicionais**

Os métodos de teste especificados nas normas baseiam-se na premissa de que o equipamento considerado é sempre um equipamento novo, mas é evidente que isto não ocorre, pois atividades como transporte, serviço e manutenção de má qualidade, falhas inesperadas de componentes, modificações não autorizadas, reinstalação e processos de desgaste natural do equipamento podem resultar na perda da integridade do seu design e da sua fabricação original. Portanto, é importante aumentar o rigor dos testes de simulação de vazamento para considerar esses tipos de situações imprevisíveis.

Os seguintes aspectos devem ser considerados no caso de vazamento de fluido frigorífico:

- Admita que o vazamento possa ocorrer em qualquer parte que contenha fluido frigorífico, não apenas nos pontos "críticos";
- Simule a ocorrência de um vazamento de um tubo de diâmetro grande para representar uma fratura de tubo catastrófica;
- Considere os riscos potenciais do local onde o fluido frigorífico possa percorrer caso ocorra vazamentos provenientes de extremidades ou juntas em tubos isolados, ou seja, quando uma ruptura estiver dentro de uma parte isolada da tubulação;
- Além da simulação de vazamentos de fluido na fase de vapor, também simule vazamentos na fase líquida (ou líquida + vapor) já que isto também pode ocorrer nos sistemas;
- Teste vazamentos com quantidades de fluido frigorífico maiores que as da carga nominal, para simular um sistema sobrecarregado, ou um caso onde houver um vazamento das mangueiras de transferência que são conectadas a um cilindro de fluido frigorífico;
- Identifique possíveis canais, dutos e revestimentos de cabo que o fluido frigorífico possivelmente consiga penetrar.

Os seguintes aspectos em relação às condições da sala de teste devem ser considerados:

- A sala de teste deve estar completamente vedada para que a alta concentração no interior do espaço do teste não seja gradualmente diluída;
- Caso o equipamento esteja instalado no interior de uma sala e haja a possibilidade dele estar localizado em um espaço pequeno, então "envolva" todo o equipamento de RAC com uma alta concentração de fluido frigorífico para simular condições extremas. Isso pode ser feito por um longo período de tempo (ao menos uma hora), tanto em condições estáveis como com fluxo de ar constante no interior da sala (velocidade de ar média próxima a 0,2 m/s) para facilitar a penetração do fluido nas partes do equipamento;
- Para compartimentos confinados, como gabinetes completa ou parcialmente fechados, espaços de armazenamento etc., preencha todo o volume com fluido frigorífico. Aberturas e espaços pequenos podem ser cobertos com papel ou filme para simular uma condição mais crítica;
- Meça a concentração de gás a intervalos mais frequentes, como ao menos a cada 10 segundos, já que sob condições de fluxo de ar turbulento a concentração de gás pode variar irregularmente durante intervalos muito curtos.

Os seguintes aspectos em relação à SOI potenciais devem ser considerados:

- Meça a concentração de gás no entorno do gabinete de um componente, em vez de em seu interior, para verificar se ele foi acidentalmente substituído por um gabinete sem vedação;
- Afrouxe ou danifique as vedações, aberturas ou revestimentos dos gabinetes para simular uma situação em que um técnico não tenha deixado o componente em sua condição original, ou um processo de desgaste excessivo;

- Meça a concentração ao redor de componentes eletrônicos de estado sólido no caso de falhas;
- Remova as vedações das entradas e passadores dos cabos;
- Devem ser consideradas outras opções que aumentem o rigor das condições de teste e, também é importante que essas opções estejam relacionadas com as características específicas do equipamento em questão.

# 5.6 PROJETO DA INSTALAÇÃO DO SISTEMA

## 5.6.1 Introdução

Esta seção aborda especificamente os requisitos técnicos para a instalação de sistemas e equipamentos. Ela é focada no projeto e fabricação do equipamento, não na prática de instalação dos técnicos.

O material representa uma compilação dos requisitos de várias normas diferentes, principalmente EN 378, DIS ISO 5149, IEC 60225-2-24, IEC 60225-2-40 e IEC 60225-2-89. No entanto, essa seção serve apenas como orientação e fornece algumas explicações. Para estar em conformidade com alguma norma de segurança, deve-se usar a própria norma. No entanto, na ausência de requisitos de uma norma nacional, este material pode ser utilizado.

A seção cobre:

- Instalação de sistemas dentro de locais fechados (geralmente, espaços ocupados por pessoas);
- Instalações externas (locais ocupados e desocupados);
- Sala de máquinas;
- Tubulações em geral (para qualquer local);
- Válvulas de segurança;
- Detecção de vazamento de gás;
- Conceitos adicionais relacionados à segurança do sistema.

## 5.6.2 Requisitos gerais para a instalação de sistemas dentro de locais fechados

As principais considerações em relação a sistemas que são instalados dentro de locais fechados onde pessoas que não possuem competências técnicas possam estar presentes (por exemplo, categorias de ocupação A e B) dependem da quantidade de carga de fluido frigorífico contida nesses sistemas. É importante garantir que a carga de fluido frigorífico de cada um dos circuitos do sistema não exceda os limites de quantidade de carga, conforme descrito na Parte 5.3. O uso desses limites parte do princípio que nenhum requisito adicional será necessário para espaços ocupados por pessoas.

Mesmo assim, para a instalação e posicionamento do equipamento, também se deve considerar o ambiente local, o que obviamente pode evitar situações perigosas. Desse modo, deve-se prestar atenção ao encaminhamento da tubulação, ao local das partes expostas que contêm fluido frigorífico e aos principais riscos relacionados às fontes potenciais de ignição (tais como chamas expostas).

## 5.6.3 Requisitos gerais para instalação de sistema em locais abertos

As orientações e requisitos necessários para prevenir danos ao sistema e consequências indesejadas, no caso de vazamentos, devem ser considerados para os dois tipos de instalações a céu aberto, conforme descrito abaixo:

- Equipamento instalado em área de livre acesso, e;
- Equipamento instalado em área restrita, com acesso apenas a pessoas autorizadas.

No geral, a instalação deve atender as seguintes orientações:

- Todas as partes críticas do equipamento e todas as partes que contenham fluido frigorífico devem ser protegidas contra danos mecânicos;
- O gabinete do equipamento deve ser projetado e fabricado de modo a resistir a intempéries e outras formas de danos;
- O equipamento deve ser posicionado a certa distância de itens que possam ser afetados negativamente por um vazamento de fluido frigorífico, mas isso deve ser feito considerando a quantidade de carga de fluido frigorífico do sistema em questão;
- O equipamento deve ser posicionado de tal modo que sempre haja boa ventilação de todos os lados, e que não haja bloqueios permanentes ou temporários dessa ventilação;
- Não deve haver nenhum tipo de materiais combustíveis nessa área;
- Deve-se levar em consideração a presença de drenos, etc., para que, no caso de vazamento, os fluidos frigoríficos possam escoar por eles;
- Deve-se levar em consideração o posicionamento do equipamento em relação a sua exposição a outros edifícios, considerando o posicionamento adequado das entradas de ar através de dutos, venezianas/grellas, entre outros.

Principalmente, para equipamento instalado em área de livre acesso os seguintes requisitos devem ser respeitados:

- A carga de cada um dos circuitos de fluidos frigoríficos não deve exceder os valores especificados na Parte 5.3;
- O gabinete do equipamento deve ser projetado para evitar ou inibir a interferência de pessoas não habilitadas, e para isso pode ser usado ferramentas especiais para acessar o gabinete, trancas ou outros dispositivos similares;
- Deve-se tomar cuidado para não posicionar o equipamento em áreas onde possa haver circulação ou concentração de pessoas.

No caso principalmente de equipamento instalado em áreas acessíveis somente a pessoas autorizadas os seguintes requisitos devem ser respeitados:

- O acesso à área deve ser controlado com a instalação de uma cerca ou algo similar, que deve permanecer trancada;
- Essa cerca ou algo similar deve proporcionar acesso adequado aos trabalhadores e, preferencialmente, estar em um raio entre 2m e 5m do equipamento, dependendo da quantidade de carga e do projeto do equipamento.

É apropriado designar uma distância "segura" dos sistemas de refrigeração instalados ao ar livre para minimizar a possibilidade de concentrações inflamáveis penetrarem em locais ocupados por pessoas (por exemplo, por janelas, aberturas de ventilação, locais onde as pessoas possam reunir-se a céu aberto etc.). Em geral, é difícil prever a distância máxima em que um vazamento de gás permanecerá acima de seu LII para uma situação a céu aberto, principalmente nos casos de pequenas quantidades de carga (por exemplo,

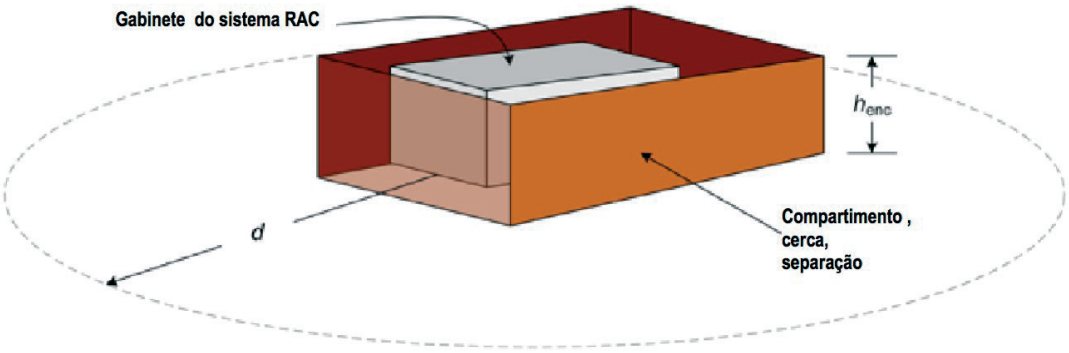
abaixo de 100 kg)[30]. Pode-se chegar a um valor aproximado considerando o volume máximo resultante de um vazamento catastrófico de fluido frigorífico. No entanto, a velocidade do vento em ambientes abertos tende a ser bastante elevada (comparada a ambientes fechados), mesmo quando o ar parece "estagnado".

Utilizando este método, a distância "segura", mínima, d (m) pode ser próxima à do valor da equação (7), de acordo com a situação mostrada na Figura 28.

$$d = c_w \; x \; \sqrt{\frac{M_r}{\pi \; h_{enc} \; (LII)}} \qquad (7)$$

Na qual M é a carga fluido frigorífico para cada circuito (kg) e $h_{enc}$ é a altura (m) do compartimento ou cerca ao redor do sistema. Observe que a distância da cerca para a unidade não é particularmente relevante (já que ela está dentro da distância "segura") e, no caso de não haver cerca, a altura da caixa da unidade pode ser utilizada para o cálculo. A constante $C_w$ é uma função das condições de fluxo de ar locais. Por exemplo, se o equipamento estiver localizado em uma área razoavelmente abrigada, como ao lado ou entre prédios, $C_w \approx 0{,}5$, e se o sistema estiver localizado em um local exposto, como um telhado, $C_w \approx 0{,}25$. No entanto, é sempre necessário avaliar a situação específica caso a caso.

Figura 28: Indicação da distância "segura" de um sistema de refrigeração




Além disso, principalmente para equipamento com grandes cargas de fluidos frigoríficos (por exemplo, acima de 25 kg por circuito), devem-se considerar os regulamentos nacionais para o armazenamento de gases inflamáveis.

### 5.6.4 Sala de máquinas

Para sistemas ou partes de sistemas que estejam localizados em sala de máquinas, deve-se aplicar certas regras. No geral, a sala de máquinas deve estar localizada de acordo com regulamentos nacionais e locais, e devem estar em conformidade com os requisitos gerais das normas de segurança para sala de máquinas que utilizam qualquer tipo de fluido frigorífico.

Quando sistemas com fluidos frigoríficos HCs estiverem localizados dentro de uma sala de máquinas, requisitos adicionais devem ser atendidos. Em grande parte isso tem relação com o fato de que uma concentração de gás inflamável pode estar presente e, portanto, todas as medidas possíveis devem ser tomadas para evitar uma ignição. Em geral os seguintes requisitos devem ser considerados:

30 Apesar de haver inúmeros modelos de dispersão de gás disponíveis para estudar tais situações, eles são predominantemente aplicáveis a liberações em escala industrial e não podem ser utilizados para a situação aqui abordada.

- Onde possa haver risco de explosão por ser possível que a concentração de fluido frigorífico atinja o limite mínimo de inflamabilidade, a instalação deve atender os requisitos para áreas perigosas (por exemplo, componentes e construções classificados como explosivos);
- Não deve haver qualquer fonte de ignição no interior das salas de máquinas (ver Parte 5.5);
- Um equipamento de combustão (por exemplo, caldeiras, etc.) não deve ser instalado na mesma sala de máquinas que contenha um sistema de fluido frigorífico HC, já que estes são SOI;
- Toda tubulação e dutos que passam entre as paredes, forros e pisos devem ser vedados com firmeza para que o fluido frigorífico proveniente de vazamento não possa penetrar em outras áreas fechadas ou ocupadas;
- Não deve haver tomadas de ar que retiram o ar de dentro das casas de máquinas para usá-lo em sistemas de outros equipamentos;
- Precauções devem ser tomadas para prevenir a entrada de fluido frigorífico (que é mais denso que o ar) proveniente de vazamentos de fluido frigorífico em sistemas de drenagem;
- Deve-se evitar a presença de vãos no piso da sala de máquinas para que o fluido frigorífico que é mais pesado que o ar não se acumule nesses espaços caso haja vazamento.

É possível projetar a sala de máquinas para que qualquer vazamento de fluido frigorífico inflamável seja detectado, e uma sequência de medidas como alarmes, desligamento de fornecimento de energia e uso de ventilação de exaustão sejam acionadas, evitando o uso excessivo de componentes à prova de explosão.

A sala de máquinas deve ser projetada e construída considerando especificamente o uso de fluidos frigoríficos HCs. Portanto é importante a consideração dos seguintes requisitos:

- Deve haver nas salas de máquinas acesso direto (portas) ao exterior caso a carga de fluido frigorífico no equipamento possa resultar em uma concentração maior que 20% do LII;
- Se a porta não abrir diretamente para o ar exterior, então deve haver uma antecâmara dedicada e equipada com portas de fechamento automático e estanque;
- O tamanho da área da abertura na parede deve ser o maior possível, o ideal é que ao menos 50% da área de uma das paredes possa ser aberta e, preferencialmente, perto de 100%, já que ambos auxiliam para uma boa dispersão caso haja um vazamento, mas também minimiza a gravidade das consequências de uma possível ignição;
- A área aberta pode ter cerca, grade etc., mas não pode apresentar resistência a livre circulação de ar;
- Se houver um percentual abaixo de 25% de área (quatro paredes mais forro) que não seja aberta, deve-se providenciar certo grau de mitigação de explosão caso seja possível que a concentração do fluido frigorífico atinja o LII. Assim, no caso de uma ignição, apenas uma parte específica da construção apresentará danos ou se elevará, e mesmo assim de modo "controlado" ou previsto, não provocando danos irremediáveis ao local;
- Este alívio de explosão pode ser feito considerando uma parede ou forro frágil (quebradiço), que devem ter pouca massa, fixação frágil e requerer uma força de menos que 20 kPa para romper.

A previsão de uma área para abertura na parede da sala de máquinas é importante por dois motivos. Em primeiro lugar, o livre fluxo de ar para o exterior proporcionará a diluição e remoção do fluido frigorífico no caso de um vazamento. Em segundo lugar, se ocorrer uma concentração inflamável e houver ignição, a existência de uma grande área de abertura reduzirá a possibilidade da ocorrência de uma sobrepressão excessiva no local e, assim, poderá evitar com mais facilidade consequências graves como dano a pessoas e bens materiais.

O acesso à sala de máquinas deve ser permitido apenas a pessoas apropriadamente treinadas e autorizadas. Portanto, a porta deve ser trancada e possuir sinalização adequada (mas a passagem para saída da sala não deve ser restringida).

O ideal é que a área ao redor da sala de máquinas atenda aos requisitos para instalações de equipamento externo (ver Parte 5.6.3).

Deve haver um alarme sonoro e visual posicionado no interior e ao menos um alarme visual posicionado no exterior da sala de máquinas, perto da entrada. O alarme serve de aviso para técnicos que possam estar no interior da sala de máquinas e para os outros que estejam no lado de fora da sala e queiram entrar.

Além disso, a ventilação de exaustão de emergência deve ser utilizada e atender os seguintes critérios:

- A descarga da exaustão deve estar em conformidade com os regulamentos nacionais;
- O ventilador de exaustão ou deve ter (a) o motor do lado de fora do fluxo de ar, ou (b) ser apropriado para áreas perigosas, já que seu propósito é lidar com atmosferas explosivas;
- O ventilador deve estar posicionado corretamente para evitar a pressurização do duto de exaustão da sala de máquinas, ou seja, ele deve "sugar", não "pressurizar";
- Os motores e pás do ventilador não devem produzir faíscas caso entrem em contato com o material do duto (ver Parte 5.5.4);
- Não deve haver restrição nas saídas, mas elas devem ser protegidas contra a entrada de resíduos, folhas e aves;
- A base de qualquer subida de duto que tenha contato com o exterior deve ter um dreno com um sifão para água da chuva e com acesso para inspeção;
- O duto de descarga deve ser posicionado de tal modo que evite qualquer risco do fluido frigorífico exaurido entrar em outros edifícios na área do entorno, ou reentrar na própria sala de máquinas;
- A descarga do duto de exaustão deve estar posicionada o mais alto possível e apontada para diferentes direções para proporcionar melhor dispersão ao fluido frigorífico exaurido;
- A sucção da entrada do duto de exaustão deve ser bem posicionada para garantir a existência de um bom fluxo ao redor de todas as partes do sistema que contenham fluido frigorífico e que não haja estagnação em nenhuma região (ver Figura 29);
- Os dutos ou venezianas/grelhas de entrada de ar, devem estar balanceados para garantir um fluxo de ar uniforme.

A taxa de ventilação depende do esquema de operação, portanto:

- Se a sala de máquinas não possuir qualquer fonte potencial de ignição, de acordo com as normas para áreas perigosas, a taxa de ventilação deve ser ao menos a maior entre as equações (8) e (9);

$$\dot{V}_{ar} = 0.003 \text{ x } V_{Rm} \tag{8}$$

$$\dot{V}_{ar} = 0.014 \text{ x } M^{2/3} \tag{9}$$

- Se houver fontes potenciais de ignição, que serão desligadas no caso de um vazamento, a taxa de ventilação deve ser ao menos a expressa na equação (10) para garantir que, no caso de um vazamento catastrófico, a concentração de fluido frigorífico no interior da sala de máquinas não exceda o LII;

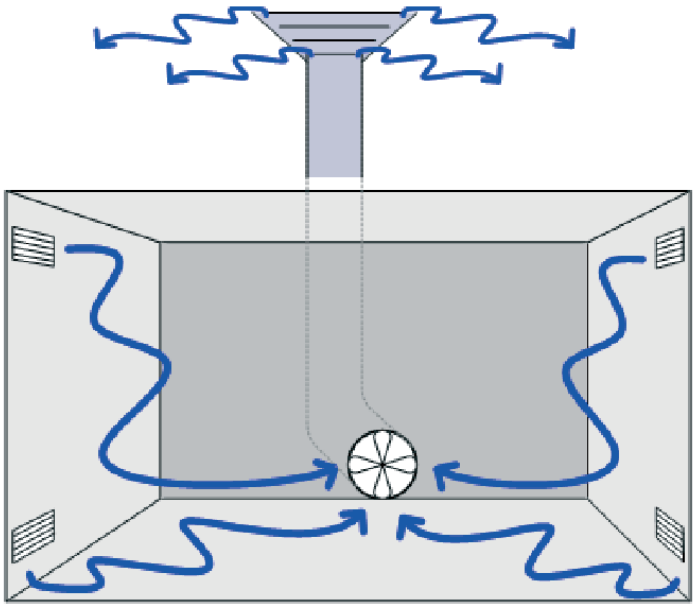
$$\dot{V}_{ar} = \frac{0.004 \text{ x } M}{\text{LII}} \qquad (10)$$

- Em todas as circunstâncias, deve haver uma taxa de ventilação normal de ao menos 4 trocas de ar por hora, disponível sempre que a sala de máquinas for ocupada por técnicos ou outros funcionários, por exemplo, funcionando de modo constante ou iniciada por sensores (à prova de falha).

É importante ressaltar que quando os ventiladores forem utilizados para garantir a exaustão de uma atmosfera explosiva, a unidade de ventilação deverá ser apropriada para áreas perigosas. Um botão (ou botões) de parada de emergência deve estar disponível na sala de máquinas (exceto para ventilação mecânica de emergência) para interromper o funcionamento de todas as máquinas de refrigeração de refrigeração. Deve haver um interruptor remoto externamente e próximo à porta da sala de máquinas para o isolamento de todo equipamento elétrico que não esteja protegido para uso com fluido frigorífico HC e para interromper o funcionamento de todas as máquinas.

Extintores de incêndio devem ser instalados de acordo com os requisitos do Corpo de Bombeiros local, com avisos descrevendo sua correta utilização.

Figura 29: Sugestão para entradas e saídas de ventilação mecânica para uma sala de máquinas



### 5.6.5 Gabinetes ventilados

Como mencionado na Parte 5.3, um gabinete ventilado pode ser empregado para que grandes cargas de fluidos frigoríficos sejam aplicadas com segurança em espaços ocupados. No geral, o tipo de sistema ou deve ser totalmente indireto (sistema de evaporação e condensação indiretos), em que todas as partes que contenham fluido frigorífico estejam dentro do gabinete, ou parcialmente indireto (somente o sistema de evaporação ou condensação indireto), em que as partes que contenham fluido frigorífico possuam um duto conectado diretamente ao exterior, como mostra a Figura 30. Além disso, os seguintes requisitos devem ser considerados:

- Não deve haver qualquer SOI potencial no interior do gabinete ou do duto de ventilação. Mais especificamente, eles devem ser do tipo que não podem ser modificados;
- O ideal é que o maior número possível de itens elétricos seja colocado no lado de fora do gabinete;

- A sala em que o gabinete de ventilação está instalado deve ter ao menos dez vezes o volume do gabinete. Este é um valor bastante arbitrário, mas a ideia geral é evitar que uma concentração inflamável seja gerada no interior da sala caso ocorra um vazamento durante a operação do equipamento, e aliviar qualquer sobrepressão que possa ser gerada caso haja uma ignição no interior do gabinete;
- A sala deve ter entradas e saídas de ar suficientes para permitir a tomada de ar de exaustão, ou seja, ela não deve ser completamente estanque a circulação de ar;
- O aparelho deve ser projetado de modo que ele não ligue se todos os painéis de acesso não estiverem encaixados com segurança, de forma que evite a possibilidade do fluido frigorífico vazar de dentro do gabinete para a sala;
- As partes que contêm fluido frigorífico devem ser separadas do espaço ocupado por meio do gabinete, para que no caso de um vazamento catastrófico de fluido frigorífico nada possa migrar do gabinete para a sala;
- O gabinete do aparelho deve ter um sistema de ventilação que crie um fluxo de ar do interior do aparelho para o exterior, por meio de dutos vedados, para que sempre haja uma pressão negativa no interior do gabinete;
- O duto de ventilação também deve permanecer aberto para que, no caso de um vazamento de fluido frigorífico em que o ventilador não esteja operando (por alguma razão), a maior parte do fluido frigorífico possa migrar através do duto de preferência, e não para vãos presentes nas paredes do gabinete.

Esta pressão negativa – que deve ser medida no interior do gabinete do aparelho– deve ser de 20 Pa ou maior, e a vazão para o exterior deve ser de ao menos 2 $m^3/h$ ou superior, de acordo com o especificado na equação 11.

$$\dot{V}_{min} = 15\ x\ s\left(\frac{M_r}{\rho_r}\right) \tag{11}$$

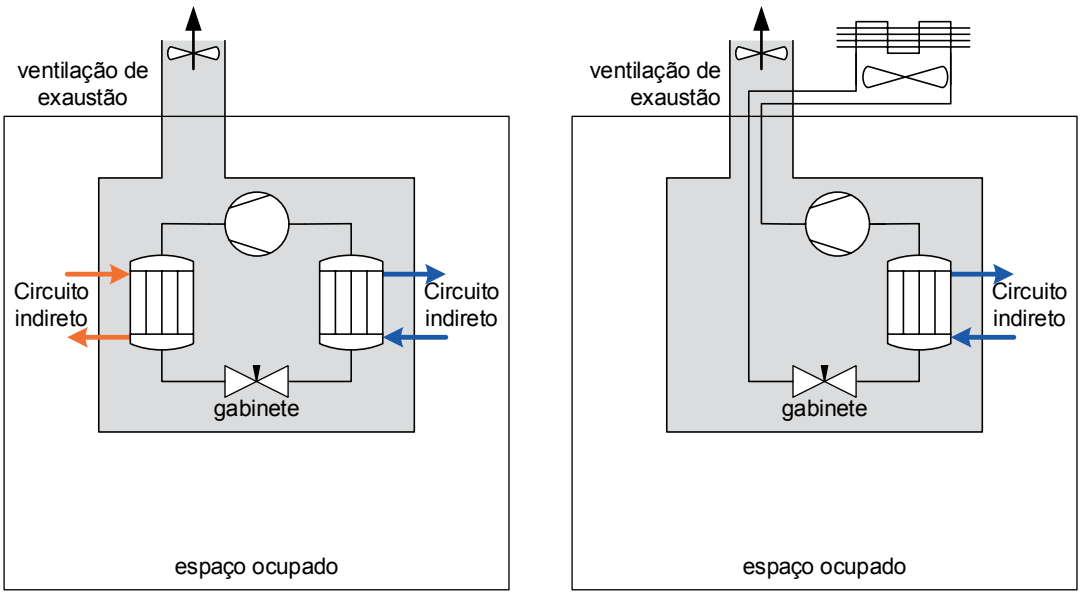
Na qual $V_{min}$ é a vazão de ventilação em ($m^3/h$), s é um fator de segurança = 4, $M_r$ é a massa da carga fluido frigorífico em (kg), e $P_r$ é a densidade do fluido frigorífico à pressão atmosférica a 25 ºC em ($kg/m^3$) (ver Tabela 8).

O sistema de ventilação deve ser operado do seguinte modo:

- O ventilador deve estar em operação permanente e a sua velocidade e o fluxo de ar devem ser monitorados. No caso de falha, o compressor deve ser desligado em 10 segundos, ou;
- O ventilador é ligado por um detector de fluido frigorífico para um valor acima de 25% do LII, e o detector deve estar localizado em um ponto apropriado de acordo com a densidade do fluido frigorífico.

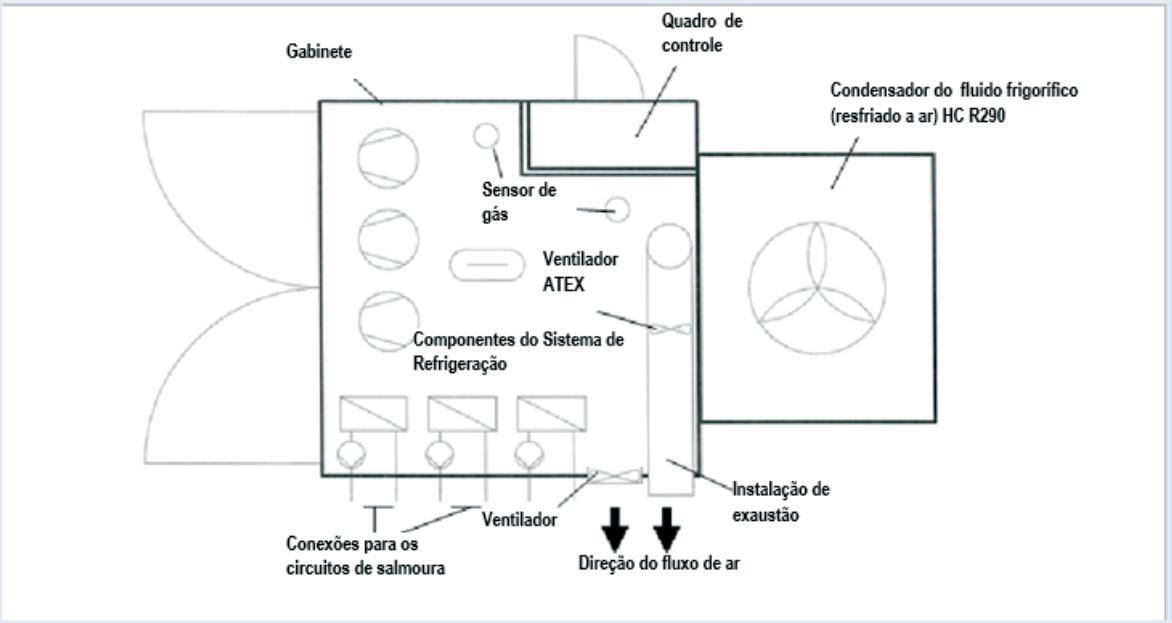
Esta função deve ser testada para garantir seu correto funcionamento. Além disso, é essencial que as funções do detector e dos sensores de ventilação e pressão diferencial sejam verificadas a intervalos regulares e qualquer falha deve ser indicada e o sistema deve ser ligado em modo de segurança. As instruções do fabricante devem conter estas orientações, assim como uma especificação para o comprimento e tamanho máximos do duto de ventilação e o número de curvas, para que a queda de pressão projetada não seja excedida.

Figura 30: Diagrama esquemático de opções para gabinetes ventilados




**DESENVOLVIMENTO DE UM GABINETE DE R290 PARA SISTEMAS DE SUPERMERCADO**

A figura mostra a planta do gabinete do sistema de refrigeração em conexão com o quadro de controle e o condensador resfriado a ar.



**DESENVOLVIMENTO DE UM GABINETE DE R290 PARA SISTEMAS DE SUPERMERCADO**

Diversas opções podem ser consideradas para um sistema de refrigeração de supermercado. Um método é adotar um gabinete ventilado especial compreendendo todo o sistema de refrigeração, que faça o resfriamento de um circuito de transferência de calor secundário o qual é usado para resfriar toda a área de vendas.*

O princípio desse tipo de projeto para uma instalação de refrigeração é um sistema localizado no interior de um gabinete estanque para impedir o vazamento de gás. Ao posicionar as partes que contêm fluido frigorífico no exterior da local em questão (por exemplo, na laje/telhado), muitos dos elementos essenciais dos regulamentos relevantes (por exemplo, a Diretiva ATEX) podem ser atendidos. Desse modo, deve-se dar uma atenção especial ao projeto do gabinete para que, ao considerar as regras relacionadas às áreas perigosas, seja possível utilizar componentes que não sejam classificados como à prova de explosão (ATEX) e, portanto, aumentar o custo-benefício. Em resumo os seguintes requisitos devem ser considerados:

- Todas as tubulações, como conexões entre diferentes componentes do circuito, tais quais trocadores de calor, válvulas, pressostatos, componentes em geral, compressores, bombas, etc., devem ser fabricados com conexões brasadas. Com isso, a possibilidade de vazamento é praticamente descartada. Todos os componentes, linhas de tubulação e conexões devem estar localizados dentro do gabinete;
- Como o R290 é mais denso que o ar, ele vai descer para a base do gabinete em caso de vazamento. Portanto, a base deve ser construída na forma de um recipiente à prova de vazamento, para que qualquer vazamento seja contido no interior do gabinete;
- No interior do gabinete estanque para impedir o vazamento de gás, ao menos um sensor de gás deve ser instalado. Assim, caso a concentração exceda o limite máximo (pré-ajustado), o sensor de gás desliga o fornecimento de eletricidade de todos os componentes elétricos;
- Deve haver um ventilador extra na parede do gabinete, que também não precisa ser classificado como à prova de explosão (ATEX). Este ventilador deve ventilar o ar do gabinete estanque para o ambiente externo, o propósito principal é de dissipar o calor proveniente dos componentes do sistema (por exemplo, compressores);
- Caso haja um vazamento de fluido frigorífico, o fornecimento de eletricidade para o ventilador adicional deve ser interrompido, antes que o ventilador à prova de explosão (ATEX) possa iniciar a exaustão de qualquer vazamento de fluido frigorífico;
- Além disso, o quadro de controle elétrico no interior do gabinete que alimenta os componentes do circuito deve estar totalmente separado (por uma área aberta) da instalação de refrigeração – esta separação total é necessária porque, no caso de uma emergência, o quadro de controle pode continuar em operação;
- Este quadro elétrico remoto também controla o ventilador à prova de explosão (ATEX) e outros componentes na área externa do gabinete, tais como aqueles associados com o circuito secundário.

Uma vantagem adicional deste projeto é que as máquinas do circuito secundário, como as bombas etc. também estão instaladas dentro do gabinete, o que garante maior conveniência em termos de montagem e posicionamento versátil de todo o conjunto, necessitando apenas da conexão com o circuito secundário após a instalação. Além disso, como todo o sistema de refrigeração vem fechado de fábrica, não há necessidade de testes de resistência, testes de estanqueidade e de carga de gás no local, o que aprimora o controle de qualidade geral e minimiza o potencial de erros.

* A Lidl Germany implementou o sistema. Confira o estudo de caso na Parte 7 para maiores informações.

## 5.6.6 Instalação da tubulação

Quando os sistemas são instalados no interior, no exterior ou em sala de máquinas, pode haver a necessidade de tubulações adicionais. Isso é discutido nesta seção e aplica-se igualmente a todas as situações. Além disso, os requisitos para instalação da tubulação no local são praticamente idênticos aos de tubulações montadas no equipamento que vem embalado/fechado de fábrica.

Há vários requisitos gerais para tubulações utilizadas com qualquer tipo de fluido frigorífico. Consulte as publicações relevantes para obter mais detalhes. Aqui, são fornecidas orientações especificamente para tubulações com fluido frigorífico HC:

- A tubulação instalada não pode apresentar risco a pessoas, e a passagem das rotas de acesso e saída não devem ter restrições;
- Válvulas e conexões desmontáveis não devem estar localizadas em áreas acessíveis ao público em geral;
- Dentro de espaços ocupados, não são permitidas conexões que não sejam permanentes, exceto no caso de unidades fornecidas separadamente e que a conexão entre elas deve ser feita no local conectando a unidade interna diretamente na tubulação;
- Qualquer conexão brasada, soldada ou mecânica deve ser finalizada antes da abertura das válvulas as quais permitem que o fluido frigorífico flua entre as partes do sistema de refrigeração;
- Se pelo menos uma parte do sistema já estiver com uma carga de gás deve-se providenciar uma válvula de acesso nesse sistema para realizar o procedimento de vácuo do tubo de interligação e/ou de qualquer parte do sistema de refrigeração que não tenha sido realizado a carga de gás, e sempre que possível ela deve estar localizada no exterior;
- Não devem ser utilizadas conexões roscadas, mas quando for absolutamente necessário, o uso de conexões roscadas deve ser aplicado apenas com tubulação recozida e para tubos que não excedam entre 9 mm e 19 mm de diâmetro exterior, em locais onde as conexões permaneçam expostas para inspeção visual;
- A tubulação do fluido frigorífico e os conectores flexíveis devem ser protegidos ou revestidos para evitar danos mecânicos;
- Ligas soldadas a baixas temperaturas, como ligas de estanho/chumbo, não são aceitáveis para as conexões da tubulação;
- Se os tubos passarem por canaletas de serviço, passarelas e abaixo do piso/acima do forro, esses locais devem possuir uma ventilação que conduza o fluxo de ar para um local seguro para evitar situações perigosas devido ao acúmulo de gás em caso de vazamento, ou seja, se houver possibilidade da concentração de gás exceder o LII;
- Esses canais que abrigam a tubulação de gás não devem conter fiação elétrica ou fontes potenciais de ignição;
- Caso a tubulação passe por espaços ocupados, a carga máxima de fluido frigorífico não deve exceder a carga máxima permitida (consultar a Parte 5.3) ou se a quantidade de carga do sistema exceder 1,5 kg de fluido frigorífico, a tubulação do sistema não deve passar por espaços ocupados;
- É possível passar a tubulação através de um conduite desde que este tenha uma ventilação, de modo que, se houver um vazamento do fluido frigorífico, em seguida, ele vai passar ao longo do conduite para o exterior, e neste caso o conduite deve ser rígido, estanque, resistente ao fogo, contínuo, e suficientemente protegido contra danos mecânicos externos de desconexão e não deve existir a possibilidade de outras pessoas alterá-lo ou afetá-lo de alguma outra forma;
- A tubulação de fluido frigorífico não deve ser localizada em poços de elevadores, lobbies públicos, corredores, escadas, patamares de escadas, entradas ou saídas, menos que a tubulação não tenha conexões mecânicas, válvulas, ou controles e sejam protegidas de danos acidentais;
- Avisos devem ser aplicados à tubulação ou isolamento para indicar a presença de gás inflamável.

No caso específico de tubulação de dispositivos de alívio de pressão ou tubulação que contenha pontos para carga de fluido frigorífico, os seguintes requisitos devem ser considerados:

- A tubulação de dispositivos de alívio de pressão deve ser descarregada em um lugar seguro;
- Se a descarga for para a atmosfera, o fluido frigorífico deve ser ventilado através de uma tubulação de tamanho correto (tal como exigido nas normas relevantes), e de uma altura suficiente para evitar perigos locais, incluindo a possibilidade de ignição do vapor de descarga, a utilização da equação (7) (consultar Parte 5.6.3) pode ser usada para estimar a distância segura;

- Avisos para indicar a presença de gás inflamável devem ser colocados em descargas da ventilação de alívio;
- Sempre que possível, os pontos para carga de gás dos sistemas de refrigeração com mais de 1,5 kg de fluido frigorífico devem estar ao ar livre;
- Avisos sobre a presença de fluido frigorífico inflamável também devem ser aplicados aos pontos para carga de gás.

Deve-se eliminar qualquer possibilidade do fluido frigorífico HC entrar em contato ou se aproximar de locais onde é realizado o processo de soldagem ou brasagem. Isto pode ser conseguido através do recolhimento do fluido frigorífico e expurgando a tubulação com nitrogênio seco sem oxigênio (OFDN). Orientação adicional para os técnicos de instalação de tubulações e componentes para sistemas de HC pode ser encontrada na parte 6.

### 5.6.7 Sistemas indiretos ou secundários

Quando os fluidos frigoríficos à base de HC são usados nos circuitos indiretos, o vazamento do fluido frigorífico para as áreas ocupadas pelo fluido de transferência de calor secundário (devido ao vazamento para o circuito secundário através da parede do evaporador ou do condensador) deve ser evitado. Isto pode ser conseguido por meio da implementação de pelo menos uma das seguintes opções:

- Utilizar um separador de ar / fluido frigorífico automático, dentro do circuito secundário no tubo de saída do evaporador ou do condensador, verificando que ele deve estar a um nível mais elevado em relação ao trocador de calor. O separador de ar / fluido frigorífico deverá ter fluxo adequado e ser ajustado para descarregar o fluido frigorífico, que pode vazar através do trocador de calor, dentro do gabinete da unidade de ventilação, na sala de máquinas especialmente construídas ou no ar exterior, ou;
- Usar um trocador de calor de parede dupla, entre o circuito primário e o secundário, a fim de evitar vazamento de fluido frigorífico no circuito secundário, ou;
- Realizar um projeto que garanta que a pressão do circuito secundário seja sempre maior do que a pressão do circuito primário na zona de contato (tal como um FTC de alta pressão), ou;
- Usar um sistema indireto duplo.

Em geral, quando a quantidade de fluido frigorífico for superior a 25 kg, devem ser tomadas medidas para detectar a presença de fluido frigorífico em qualquer circuito relacionado que contenha um fluido de transferência de calor, por exemplo, por meio de um detector de gás.

### 5.6.8 Uso de dispositivos de segurança para controle de pressão

Alguns dispositivos às vezes são necessários para controlar a pressão dentro do sistema, no caso de uma falha. O controle de pressão neste caso é o mesmo para os HCs como com qualquer outro fluido frigorífico, e, portanto, as orientações dedicadas nesta matéria devem ser consultadas. No entanto, os requisitos para HCs tendem a ser um pouco diferente e com mais restrições do que para os fluidos frigoríficos não inflamáveis, então um resumo é fornecido aqui.

Em geral, a necessidade de dispositivos de segurança - tais como a válvula de alívio de pressão (PRV) e os pressostatos para limitar as pressões - depende do tamanho do sistema e dos níveis de pressões que ele pode desenvolver eventualmente, bem como outras características mecânicas do equipamento.

Determinação dos meios adequados de proteção:

Conforme mencionado para as PRVs e pressostatos para limitar as pressões, a Figura 31 deve ser usada para determinar os níveis mínimos de proteção contra o excesso de pressão. Isso exige até três parâmetros a serem identificados:

- A pressão máxima admissível (PS);
- Categoria de equipamentos sob pressão (PE);
- Os resultados de um teste de segurança intrínseca (teste para determinar os limites de pressão de trabalho do equipamento).

Um resumo dos procedimentos necessários é detalhado abaixo.

**Pressão máxima admissível**

As pressões projetadas para os componentes do sistema de refrigeração e de uma unidade não devem ser menores do que a pressão máxima admissível (PS) do sistema. A PS não deve ser menor do que a pressão de saturação do fluido frigorífico correspondente às temperaturas específicas designadas, as quais são baseadas normalmente: numa temperatura ambiente projetada (específica para o clima local), na parte do sistema e no tipo de condensador. Por exemplo:

- O lado de alta pressão de um sistema com condensador resfriado a ar, a PS deve corresponder a uma temperatura de aproximadamente 13 K acima da temperatura de projeto relacionada ao ambiente externo;
- O lado de alta pressão de um sistema com condensador resfriado a água ou de uma bomba de calor de água quente, a PS deve corresponder à temperatura máxima da água de saída mais 8 K;
- O lado de alta pressão de um sistema com um condensador evaporativo, a PS deve corresponder a uma temperatura de aproximadamente 11 K acima da temperatura de projeto relacionada ao ambiente externo;
- O lado de baixa pressão de um sistema, a PS deve corresponder à temperatura de projeto relacionada ao ambiente externo;
- O lado de baixa pressão de um sistema com um trocador de calor exposto à temperatura ambiente em espaços interiores, a PS deve corresponder à temperatura de projeto relacionada ao interior do ambiente.

**Categoria de equipamento sob pressão**[31]

A categoria de equipamento sob pressão (PE) requer uma categoria a ser obtida para cada um dos componentes do sistema e a mais alta define a categoria de PE para toda a unidade. A metodologia básica é a seguinte:

- Para cada componente, identificar se ele é um vaso de pressão (tal como um acumulador, um compressor, um tanque de líquido, etc.) ou uma tubulação (um tubo, uma válvula, etc.);
- Se o componente for um vaso de pressão, encontrar o volume (em litros), ou se for tubulação, o diâmetro nominal (DN, em mm);
- Encontrar a PS, que normalmente deve basear-se no valor de PS de toda a unidade;
- Se o componente for um vaso, calcular o resultado de PS × volume, se for tubulação, calcular o resultado de PS × DN;
- Utilize a Tabela 12 para determinar a categoria de PE.

A categoria PE mais alta para qualquer um dos componentes é normalmente definida como a categoria PE para toda a unidade.

31 Este é o método definido na Diretiva Europeia de Equipamentos sob Pressão (PED) (97/23/CE).

Tabela 12: Identificação da Categoria de PE para sistemas de HC que utilizam vasos de pressão e tubulações de tamanho pequeno

| Tipo | PS (bar) | Vaso de pressão | Tubulação | Vaso de pressão | Tubulação | Categoria de PE |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | V (litros) | DN (mm) | PS × V | PS × DN | |
| se | e | e | e | e | e | então |
| Vaso de pressão | >0,5 & iÜ 200 | ≤1 | - | | | < I |
| | | >1 | - | ≤25 | - | < I |
| | | | | >25 & ≤50 | - | I |
| | | | | >50 & ≤200 | - | II |
| Tubulação | >0,5 | - | ≤25 | - | - | < I |
| | | | >25 & ≤100 | - | ≤250 | I |
| | | | >100 & ≤250 | - | >100 & ≤3500 | II |

**Requisitos para teste de segurança intrínseca**

Este teste só é aplicável para o equipamento, tal como indicado na Figura 31. É principalmente utilizado para a determinação da pressão máxima durante o funcionamento anormal, e ambos os lados tanto de alta como de baixa pressão são avaliados.

Para a determinação da pressão no lado de alta pressão, o trocador de calor no lado de alta pressão do sistema de refrigeração é submetido ao seguinte teste:

- O sistema deve ser instalado levando em consideração as instruções do fabricante;
- O sistema deve operar a uma temperatura ambiente de 23 °C ± 5 K;
- Quando as condições estáveis forem atingidas, o fluxo do fluido de transferência de calor (por exemplo, ar, água) para o lado de alta pressão do trocador de calor deve ser restringido ou interrompido, o que for mais desfavorável com o sistema de refrigeração operando (e, se o sistema de refrigeração for equipado com aquecedores externos, eles devem ser ativados).

A maior pressão que ocorrer durante este teste deve ser registrada.

Para a determinação da pressão no lado de baixa pressão, o trocador de calor no lado de baixa pressão do sistema de refrigeração é submetido ao teste a seguir:

- O sistema deve ser instalado levando em consideração as instruções do fabricante;
- O sistema de refrigeração deve estar desligado para simular uma condição de sistema inoperante;
- A temperatura do fluido de transferência de calor (por exemplo, ar, água, etc.) que vai para o trocador de calor do lado de baixa pressão deve ser mantida à temperatura máxima especificada pelo fabricante por 30 minutos (se o meio for um líquido) ou 60 minutos (se o fluido for ar).

A maior pressão que ocorrer durante este teste deve ser registrada.

Então, deve ser realizado um teste de pressão hidrostática em três amostras de cada componente e conexões, ou na unidade como um todo, a uma pressão de 3 vezes a pressão registrada para as respectivas partes do sistema. Alternativamente, outros testes equivalentes (por exemplo, teste de ruptura), podem ser utilizados. O critério de aprovação é que o componente ou conjunto sob teste não deve romper.

**Válvulas de alívio de pressão**

As PRVs são necessárias no caso de funcionamento anormal ou de um incêndio externo para prevenir o acúmulo de pressão excessiva e em seguida uma explosão. A situação que requer um dispositivo de limitação de pressão para os sistemas pode ser determinada a partir da Figura 31. Uma literatura técnica deve ser consultada para a seleção e dimensionamento da PRV, bem como para o dimensionamento da linha de descarga, e essas regras se aplicam a todos os fluidos frigoríficos. Quando usada, os ajustes para a PRV devem ser conforme o seguinte:

- A pressão do dispositivo de alívio deve ser: 1,0 × PS;
- A pressão da válvula de alívio que libera o fluxo deve ser ajustada em 1,1 x PS: ≤ 1,1 × PS.

A descarga dos dispositivos de alívio de pressão só ocorre para que as pessoas e os materiais não sejam ameaçados pelo fluido frigorífico que tenha vazado. Um dispositivo de indicação é necessário para verificar durante o processo de manutenção se as válvulas de alívio atuaram e liberaram o fluido para a atmosfera.

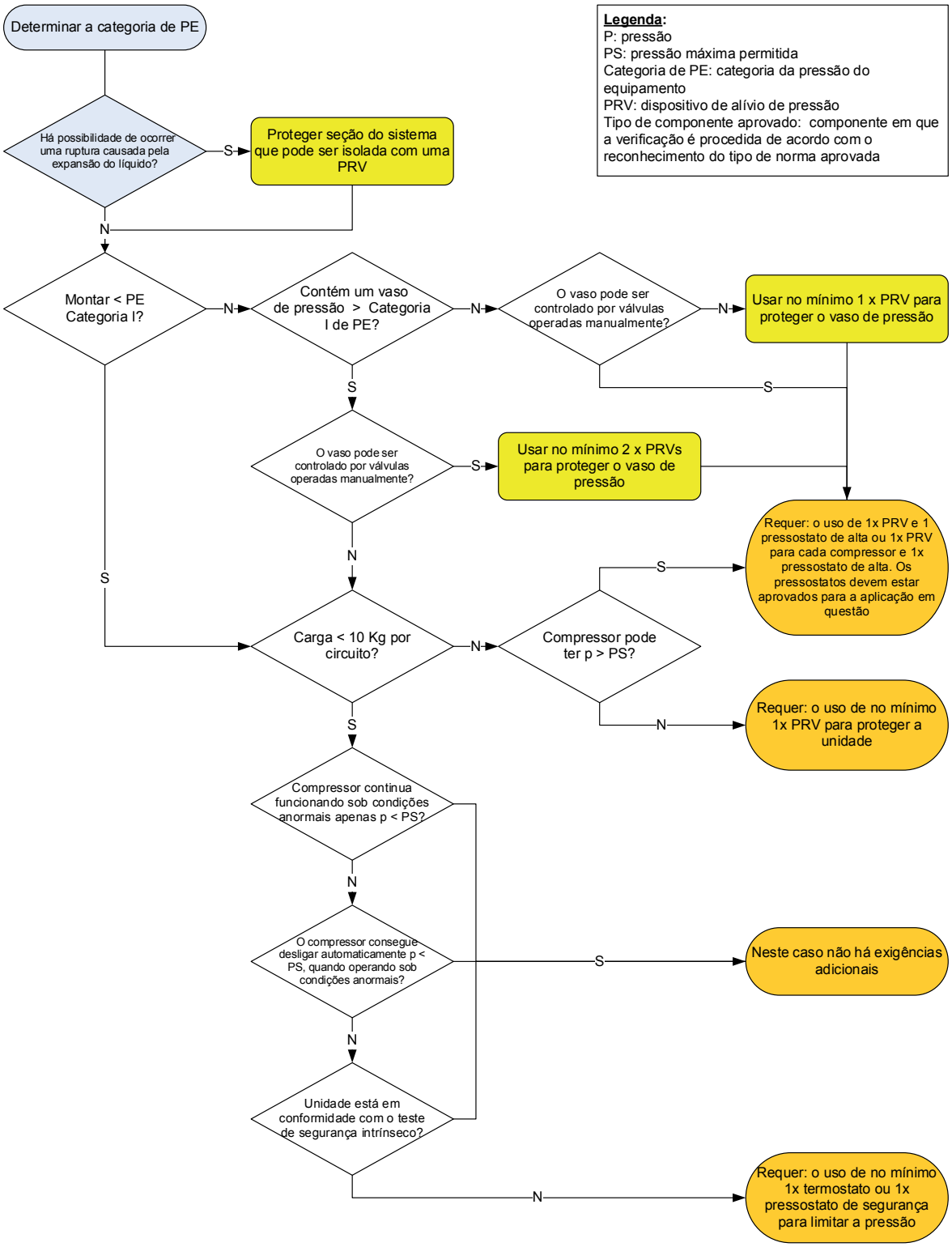
**Dispositivos de limitação de pressão**

Sistemas maiores são normalmente fornecidos com um dispositivo de limitação de pressão (pressostato de alta pressão) embora a situação que necessita a sua utilização esteja indicada na Figura 31. A atuação em alta pressão deve ser do tipo “reset” manual, programado para operar nas seguintes pressões:

- O contato do dispositivo de segurança deve limitar a pressão de sistemas com dispositivo de alívio em: 0,9 × PS;
- O contato do dispositivo de segurança deve limitar a pressão de sistemas sem dispositivo de alívio em: 1,0 × PS.

Se os dispositivos forem utilizados para proteger o sistema de refrigeração contra uma pressão excessiva, então eles não devem ser utilizados para fins de controle, pois se um pressostato de alta pressão for utilizado para fins de controle, um dispositivo separado deve ser montado adicionalmente, e uma identificação apropriada deve ser aplicada.

Figura 31: Fluxograma para determinar os meios adequados de proteção contra pressão excessiva


Determinar a categoria de PE
Há possibilidade de ocorrer uma ruptura causada pela expansão do líquido?
S
Proteger seção do sistema que pode ser isolada com uma PRV
N
Montar < PE Categoria I?
N
Contém um vaso de pressão > Categoria I de PE?
N
O vaso pode ser controlado por válvulas operadas manualmente?
N
Usar no mínimo 1 x PRV para proteger o vaso de pressão
S
S
O vaso pode ser controlado por válvulas operadas manualmente?
S
Usar no mínimo 2 x PRVs para proteger o vaso de pressão
N
S
Requer: o uso de 1x PRV e 1 pressostato de alta ou 1x PRV para cada compressor e 1x pressostato de alta. Os pressostatos devem estar aprovados para a aplicação em questão
S
Carga < 10 Kg por circuito?
N
Compressor pode ter p > PS?
N
Requer: o uso de no mínimo 1x PRV para proteger a unidade
S
Compressor continua funcionando sob condições anormais apenas p < PS?
N
O compressor consegue desligar automaticamente p < PS, quando operando sob condições anormais?
S
Neste caso não há exigências adicionais
N
Unidade está em conformidade com o teste de segurança intrínseco?
N
Requer: o uso de no mínimo 1x termostato ou 1x pressostato de segurança para limitar a pressão
Legenda:
P: pressão
PS: pressão máxima permitida
Categoria de PE: categoria da pressão do equipamento
PRV: dispositivo de alívio de pressão
Tipo de componente aprovado: componente em que a verificação é procedida de acordo com o reconhecimento do tipo de norma aprovada

**Dispositivo para controlar a temperatura (Termostato)**

Sob certas circunstâncias, um dispositivo limitador de temperatura pode ser utilizado, este é um dispositivo de segurança que é aprovado e projetado para ser à prova de falhas, de modo que em caso de uma falha ou problema no funcionamento do dispositivo, a alimentação é interrompida.

**Plugues fusíveis e discos de ruptura**

Os plugues fusíveis ou discos de ruptura não devem ser utilizados com fluidos frigoríficos HCs uma vez que, quando se rompem, eles liberarão toda a carga de fluido frigorífico, o que não é apropriado. No entanto, eles podem ser usados em série com as válvulas de alívio de pressão, onde os plugues fusíveis ou discos de ruptura devem atuar primeiro, pois este tipo de aplicação proporciona duas vantagens importantes - em primeiro lugar, ajuda a evitar vazamentos pela vedação da PRV, e em segundo lugar, fornece uma indicação de que a PRV atuou o que ajuda a chamar a atenção para o fato de que o sistema pode ter um problema.

**Disposição dos indicadores de pressão (manômetros)**

Para os sistemas que contêm mais do que 10 kg de fluido frigorífico, devem ser fornecidas as conexões para os indicadores de pressão (a montagem de indicadores de pressão permanentes é opcional).

**Indicadores de nível em tanque de líquido de fluido frigorífico**

Tanques de líquido de fluido frigorífico em sistemas que contenham mais do que 2,5 kg de fluido frigorífico, e que possam ser isolados devem ser fornecidos com um indicador de nível de líquido para mostrar, pelo menos, o nível máximo de líquido. Em ocasiões em que os tanques de líquido sejam utilizados, um indicador pode ser útil de qualquer maneira para alertar sobre um vazamento de fluido frigorífico.

## 5.6.9 Detector (fixo) de fluido frigorífico[32]

Normalmente, salas de máquinas devem ser instaladas com um sistema de segurança adequado que inclui detecção de gás, equipamentos de ventilação e alarmes. Além das salas de máquinas, pode haver outros locais em que a detecção de fluido frigorífico permanente pode ser empregada. Em geral, os detectores devem satisfazer o seguinte[33]:

- Para satisfazer a exigência de segurança e alertar o usuário ou operador sobre a presença de vazamentos de fluido frigorífico os detectores devem ser, de preferência, permanentemente instalados e com sensores localizados em vários pontos em áreas onde o fluido frigorífico proveniente de um vazamento possa se concentrar;
- O(s) detector (es) deve (m) ser confiável (eis) (menos de 5% de desvio por ano) e preciso (dentro de ± 3% de LII) e não deve ser afetado por outras substâncias presentes na sala de máquinas ou em outro lugar;
- Eles devem ter um tempo de resposta rápido, por exemplo, <5 s, para 25% de LII;
- Embora alguns detectores eletrônicos possam ser ajustados para trabalharem com apenas uma única substância, outros não podem diferenciar fluido frigorífico de compostos orgânicos voláteis, como fluidos de limpeza ou solventes; alguns detectores eletrônicos podem dar leituras falsas, se eles estiverem contaminados com determinados produtos químicos;
- Eles devem ser instalados estrategicamente de modo que não possam ser inadvertidamente danificados, e deve ser de fácil manutenção;

32 Nota: sistemas fixos de detecção de fluido frigorífico ou gás não são «detectores de vazamentos", eles simplesmente observam a presença de um gás em uma determinada localização, e não devem ser considerados para fornecer qualquer indicação de que um vazamento não ocorreu.

33 Ver http://www.hse.gov.uk/pubns/gasdetector.pdf para mais orientações sobre a seleção de detectores de gás.

- Os detectores podem ser utilizados para desligar equipamento elétrico que não esteja em conformidade com os requisitos necessários (ver parte 5.4) antes de o fluido frigorífico atingir o Limite Prático;
- O (s) detector (es) têm que funcionar a um nível que não exceda 20% do LII, e então, quando ele for acionado ele deverá automaticamente ativar um alarme, iniciar a ventilação mecânica e parar o sistema de refrigeração;
- O (s) detector (es) deve (m) continuar a funcionar em concentrações mais elevadas, e podem ser utilizados para ativar outros alarmes e aumentar a vazão de exaustão após a detecção de concentrações mais elevadas;
- Os pontos do detector que identificam a concentração de gás proveniente de um vazamento devem ser colocados de modo a fornecer sinais rápidos no caso de um vazamento, e que o efeito do movimento do ar não iniba a sua eficácia; e onde o fluido frigorífico é mais pesado do que o ar (como é o caso da maioria dos fluidos frigoríficos HCs), esses pontos devem estar localizados no nível do chão;
- Um ponto único do detector pode normalmente cobrir uma área de aproximadamente 30 $m^2$, desde que seja montado no nível do chão;
- Os detectores devem ser calibrados para o fluido frigorífico específico que se quer detectar. Deve-se estar atento que certos tipos de detectores (por exemplo, detector de descarga do tipo coroa) podem não necessariamente serem adequados para gases inflamáveis se o sensor não tiver sido projetado corretamente, então, assegure-se de que o tipo correto seja selecionado.

Detectores com um tempo de resposta mais rápido possível deverá ser utilizado. No entanto, deve-se notar que pode levar vários segundos ou até minutos para uma alta concentração de fluido frigorífico ser transmitido por um detector de gás. Portanto, não se deve considerar que um detector de gás irá iniciar instantaneamente a ventilação de emergência. Isto deve ser levado em consideração ao fazer o projeto de mecanismos de resposta de segurança.

Onde a detecção de gás for usada, sistemas de calibração e de manutenção confiáveis devem ser colocados em prática. Todos os tipos de detecção de gás podem ter algum "desvio" e também podem ser contaminados com o tempo e, portanto, se tornarem ineficazes após períodos de tempo moderados. A eficácia de um sistema de detecção e de emergência depende de um bom regime de manutenção.

Além dos métodos de detecção convencionais de gás, outros meios devem ser usados sempre que necessário para auxiliar a identificação de um vazamento. O seguinte pode ser considerado:

- Indicação do nível de carga, que é um meio para determinar se o sistema está com a carga correta de fluido frigorífico;
- Apesar de alguns sistemas não exigirem indicadores visuais porque possuem poucas conexões frágeis e a sua carga de gás é feita em fábrica, qualquer sistema provavelmente precisará de um serviço ocasional nos componentes do circuito, portanto eles devem ser equipados com visor na linha de líquido;
- Para sistemas maiores que, de outra forma, usam visores de nível, é aconselhável o uso de indicadores de nível sem vedação com sensores magnéticos, indutivos ou capacitivos.

### 5.6.10 Integração dos conceitos de segurança

Em princípio, o conceito inicial para melhorar o nível de segurança do equipamento deve ser a de otimizar a concepção de modo a minimizar a concentração no caso de um vazamento catastrófico. Isto pode ser alcançado através de algumas considerações de projeto diferentes, tais como a redução da quantidade da carga de fluido frigorífico, ao mínimo possível, posicionar partes do sistema que contenham fluido frigorífico em um nível tão elevado quanto possível e projetar o sistema de modo a aumentar a velocidade do ar para ajudar a dispersar um vazamento. (Estes aspectos são tratados com maiores detalhes nas Partes 5.4, 5.8.5 e 5.8.6). Correlações adequadas podem ser utilizadas para identificar quais os parâmetros que podem ser usados para reduzir as concentrações em um determinado local de instalação do equipamento (ver anexo 5).

Dependendo do tipo de sistema e o ambiente no qual ele está instalado, pode ser possível incorporar conceitos de segurança adicionais, a fim de reduzir a quantidade de fluido frigorífico proveniente de vazamento, ou para dispersar o fluido frigorífico para garantir uma concentração mais baixa. Normalmente, existem dois aspectos relacionados a este conceito: primeiro um método de detecção para identificar um problema potencial, segundo, uma ação para tentar minimizar o problema. Em termos práticos, ambos correspondem a um meio de identificação do vazamento de fluido frigorífico, e em seguida, uma ação para reduzir a quantidade de fluido frigorífico que pode vazar ou para evitar o acúmulo de uma nuvem inflamável. A Tabela 13 inclui alguns exemplos de combinações.

Tabela 13: Exemplo de métodos de detecção e ações preventivas, bem como seus níveis de eficácia

| Ação | Método de detecção | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Detecção de gás | Pressostato | Algoritmo dos parâmetros | Sensor de nível de líquido |
| Iniciar ventilação de extração | ✓✓✓ | ✓ | ✓✓✓ | ✓ |
| Iniciar / continuar o fluxo de ar da unidade | ✓✓ | ✓ | ✓✓ | ✓ |
| Redirecionar os "dampers" (sistema de dutos) | ✓✓ | ✓ | ✓✓ | ✓ |
| Desligar alimentação elétrica | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Fechar válvulas solenoides | ✓✓✓ | ✓ | ✓✓✓ | ✓ |
| Ativar válvula by-pass | ✓✓ | ✓ | ✓✓ | ✓ |
| Desligar compressor | ✓✓ | ✓ | ✓✓ | ✓ |

**Métodos de detecção**

Os principais métodos de detecção são descritos a seguir:

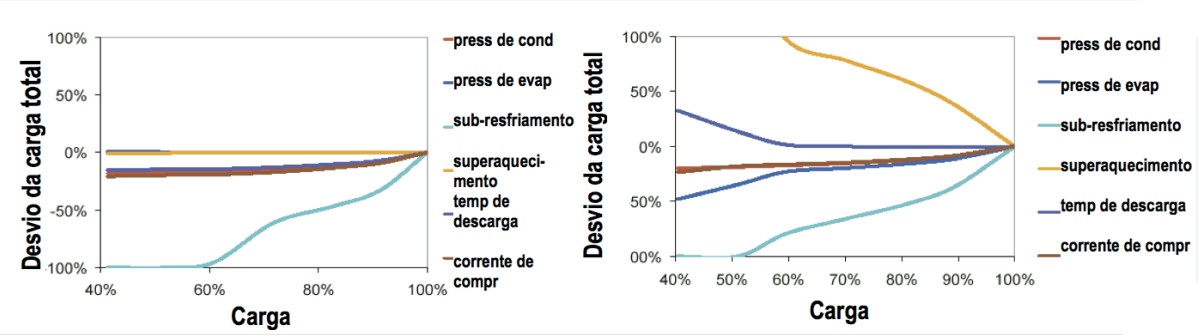
- Detecção de gás: um detector de gás é usado para identificar a concentração de fluido frigorífico. No entanto, este método deve ser usado com cuidado, uma vez que, principalmente em determinadas ocupações, o detector pode ser danificado se não for bem protegido ou pode estar sujeito a sinais de interferência provenientes de outras fontes que estão presentes no espaço. Da mesma forma, é importante que o sensor esteja posicionado no local ideal para ter a maior probabilidade de detecção da maior concentração o mais rápido possível. Além disso, a maioria dos tipos de detectores de gás exigem a recalibração ao longo do tempo, o que pode não acontecer em algumas situações.
- Pressostato: um pressostato pode ser usado para fornecer uma indicação de uma possível perda de fluido frigorífico. No entanto, a eficácia desse método depende do tipo de sistema, e ele também é sensível a outras condições, tais como a temperatura exterior ou a temperatura de "set-point" de dentro do ambiente, "pull-down" do sistema, etc. Normalmente, este não é um método particularmente confiável, portanto é necessário testá-lo em diversas condições previstas de operação e de ambiente.
- Algoritmo baseado em parâmetros do sistema: é possível caracterizar o desempenho do sistema - por meio de parâmetros tais como pressões e temperaturas de saturação e corrente de compressor - para identificar o que a carga de fluido está baixa, independentemente das condições de funcionamento devido ao ambiente externo/interno ou outras. Por exemplo, a mudança na pressão de condensação e na corrente do compressor para uma determinada temperatura exterior. Isto pode ser razoavelmente confiável, desde

que os efeitos do desgaste natural relacionado ao desempenho do sistema sejam levados em consideração, e que o tempo de resposta seja rápido em relação à escala de tempo para um vazamento de fluido frigorífico catastrófico. A Figura 32 mostra como os parâmetros do sistema selecionados variam de acordo com uma carga reduzida, para um sistema que utiliza uma válvula de expansão termostática e para um sistema que utiliza um tubo capilar.

- Sensor de nível de líquido: Para sistemas com tanques de líquidos, não haverá variação na maioria dos seus parâmetros de desempenho, até que tenha vazado fluido frigorífico o suficiente para esvaziar o tanque de líquido; e dependendo do seu tamanho e nível de carga inicial, isto poderia estar relacionado a uma grande parte da quantidade da carga. Para estes tipos de sistemas, a utilização de dispositivos, tais como, sensores de nível de líquido no interior de um tanque de líquido podem ser utilizados para identificar uma redução na quantidade de fluido frigorífico, embora a mudança no nível do tanque de líquido irá também variar em função das condições de funcionamento, que devem ser levadas em consideração.

Além desses, existem outros meios de indicar uma perda de fluido frigorífico, por exemplo, alguns tipos de dispositivos medidores de vazão usados para identificar a presença de bolhas na linha de líquido[34].

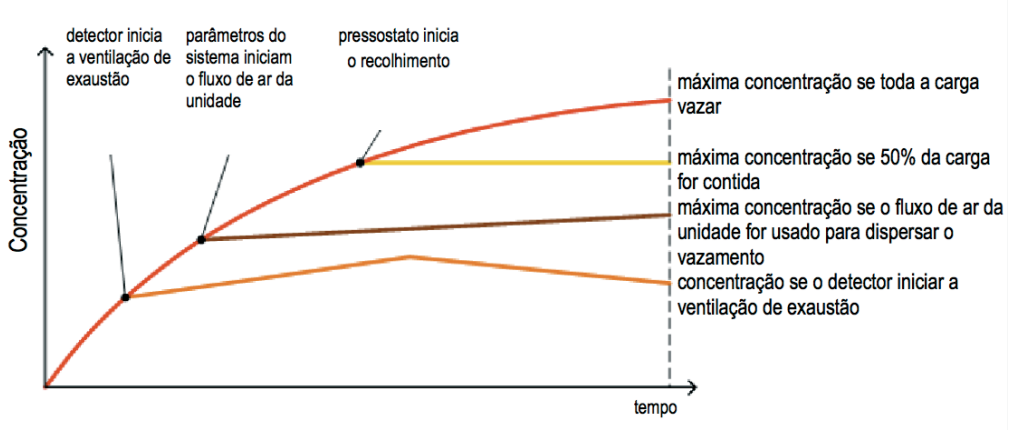
Figura 32: Efeito da redução de carga de fluido frigorífico em determinados parâmetros de um sistema, para um sistema com dispositivo de expansão termostática (esquerda) e um sistema com um tubo capilar (direita) baseado em temperatura externa de 35 graus




O método de detecção deve ser usado para realizar uma ação que ajuda a minimizar a quantidade de fluido frigorífico proveniente de vazamento ou a reduzir a concentração do fluido frigorífico proveniente de vazamento, ou ambos. A Figura 33 ilustra os efeitos de algumas combinações. No primeiro caso, se um vazamento ocorrer sem a realização de outras ações adicionais, uma elevada concentração de fluido frigorífico pode progredir dentro do espaço durante o tempo de vazamento. Com o uso de um conjunto de medidas, a concentração pode ser limitada usando um pressostato para iniciar o procedimento de recolhimento de líquido (fluido frigorífico) para a unidade localizada externamente, evitando assim uma alta concentração de fluido frigorífico. No outro caso, o algoritmo baseado nos parâmetros do sistema pode ser utilizado para ativar o fluxo de ar da unidade no interior da sala, de modo que o fluido frigorífico seja rapidamente espalhado, diminuindo a sua concentração. No último caso, um detector de gás dentro do espaço é usado para iniciar a ventilação de extração que, então, reduz o fluido frigorífico de dentro do espaço.

34 Nos últimos anos, estão sendo desenvolvidos sensores que podem ser instalados na linha de líquido de um sistema e são utilizados para indicar diretamente a ausência de fluido frigorífico dentro do sistema (isto é, por meio da presença de "flash" gás). Não se sabe se eles já estão sendo comercializados atualmente, mas eles possuem um dispositivo de detecção muito interessante para ser usado em um sistema de controle de segurança.

Figura 33: Alteração na concentração de fluido (acumulado no piso da sala) através da ativação e desativação do fluxo de ar (note que essa ilustração não indica que uma opção é mais eficaz do que outra, a diferenciação serve apenas para um melhor esclarecimento do diagrama)

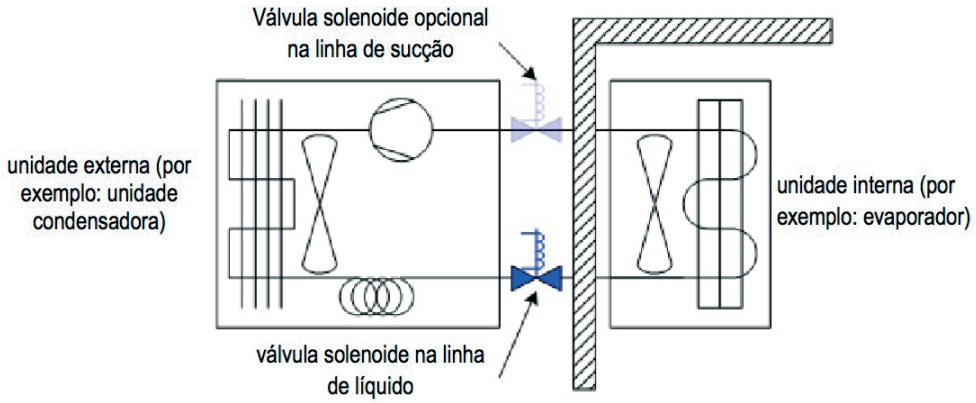

detector inicia a ventilação de exaustão
parâmetros do sistema iniciam o fluxo de ar da unidade
pressostato inicia o recolhimento
Concentração
tempo
máxima concentração se toda a carga vazar
máxima concentração se 50% da carga for contida
máxima concentração se o fluxo de ar da unidade for usado para dispersar o vazamento
concentração se o detector iniciar a ventilação de exaustão

**Ações:**

Há uma série de ações que podem ser consideradas, embora a sua adequação dependa do tipo de sistema a ser utilizado e as implicações de custo, como discutido:

- Iniciar ventilação de extração: Isso é essencialmente o que deve ser usado para salas de máquinas (ver partes 5.6.4 e 5.6.5);
- Iniciar / continuar o fluxo de ar da unidade: O fluxo de ar de uma unidade de ventilação ("air handler") interna ou de uma unidade condensadora pode ser muito eficaz na redução da concentração do fluido frigorífico proveniente de um vazamento, principalmente se a velocidade de descarga do ar for alta;
- Redirecionamento dos dampers: Para um sistema dutado, os dampers dentre as corretes de ar que podem ser carregar o fluido frigorífico proveniente de vazamentos do evaporador podem ser redirecionados para ventilar todo o fluido frigorífico para o lado de fora;
- Desligar alimentação elétrica: Isso é frequentemente usado em salas de máquinas, mas também pode ser utilizado em outras situações, em que seja possível a ocorrência de uma alta concentração próxima de componentes elétricos (mesmo se estiverem protegidos); obviamente garantindo que o contato em si não crie uma fonte de ignição;
- Fechamento de válvulas solenoides: Se parte do sistema está do lado de fora, um ciclo de recolhimento de líquido pode ser ativado através de uma válvula solenoide na linha de líquido, o que irá impedir o fluido frigorífico a passar para o espaço interior (veja a Figura 34), é necessário o uso de uma válvula solenoide normalmente fechada para que o sistema também atue no caso de falha do fornecimento de energia (sob certas circunstâncias uma válvula também pode ser colocada na linha de sucção, mas na maioria das vezes isso não é necessário, uma vez que o compressor normalmente deixa para trás apenas uma pequena quantidade de fluido frigorífico, e principalmente porque a instalação dessa válvula aumentaria as chances de vazamento no sistema);
- Ativar a válvula by-pass: Esse processo é similar ao uso da válvula solenoide para recolhimento de líquido, mas nesse caso o fluido frigorífico é desviado para não entrar em contato com os componentes instalados na parte interna da sala;
- Desligar o compressor: O compressor é desligado para impedir o fluxo de fluido frigorífico para o interior da sala, e no caso dos componentes estarem localizados no lado de alta pressão e dentro da sala, a redução da pressão pode ajudar a reduzir a taxa de vazamento.

Figura 34: Uso de uma válvula solenoide normalmente fechada em um sistema remoto ou dividido




A eficácia destes métodos dependerá do tipo de sistema e do plano da estratégia de controle, então é importante garantir que o método usado, seja bem testado e verificado sob várias condições de tipos de falhas diferentes.

# 5.7 SINALIZAÇÃO E INSTRUÇÕES

## 5.7.1 Introdução

É importante fornecer sinais de alerta, sinalização e informações detalhadas para todas as pessoas que possam ter sua segurança diretamente afetada pelos riscos causados por equipamentos e substâncias. A necessidade de ter sinalização e instruções aplica-se à maioria das atividades e equipamentos. Por exemplo:

- Aviso de substâncias perigosas dentro de sistemas, cilindros e áreas de trabalho;
- Exigir dos funcionários e outros profissionais que eles realizem as atividades que devem ser realizadas;
- Conscientizar os funcionários e outras pessoas sobre o que eles não devem fazer;
- Informar os funcionários sobre os procedimentos corretos e os processos que devem ser realizados em relação a determinados equipamentos.

A utilização de sinalização, indicação e instruções é normalmente uma exigência das normas de segurança e regulamentos.

## 5.7.2 Indicação e sinalização

Há cinco categorias principais de sinais de segurança, cada uma tem forma e cor diferentes. Estas se encontram resumidas a seguir:

**Proibição**

- Descrição: uma faixa vermelha circular com uma barra transversal diagonal sobre um fundo branco;
- Isto implica: “Você não deve”, “Não faça”, “Pare”, etc.;
- Normalmente, há um símbolo preto dentro do círculo, que indica que uma determinada atividade ou comportamento é proibido.

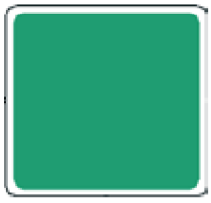
**Advertência**

- Descrição: um triângulo amarelo com uma borda preta;
- Isto implica: “Cuidado”, “Risco de perigo”, “Perigo à frente”, etc.;
- Normalmente, há um símbolo preto dentro do triângulo que denota um alerta contra esse tipo específico de risco.

**Obrigatório**

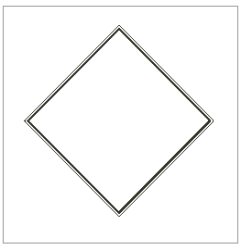
- Descrição: um círculo azul sólido;
- Isto implica: “Você tem que fazer”, “realizar a ação”, “obedecer à instrução”, etc.;
- Normalmente há um símbolo branco dentro do círculo que denota a ação que deve ser seguida.

**Condição segura**



- Descrição: quadrado ou retângulo verde sólido;
- Isto implica: “O caminho seguro”, “Para onde ir em caso de emergência”, etc.;
- Normalmente há um símbolo branco ou texto branco dentro do retângulo ou quadrado, que fornece informações sobre algo seguro a fazer ou a direção segura para ir.

**Sinal de Perigo**



- Descrição: forma de um losango, de cores variadas;
- Isto implica que a embalagem contém uma determinada substância perigosa;
- Normalmente há um símbolo na metade superior do losango, sob o qual há um texto correspondente que fornece a advertência de risco primário, e um número de classe de perigo está na base do losango. A cor do losango também depende da substância.

Específico para a situação em questão:

- Há vários tipos de sinais de proibição que provavelmente devem ser utilizados, principalmente no caso em que os técnicos e outros trabalhadores estiverem envolvidos com o manuseio de fluido frigorífico e do equipamento associado a esse fluido. A Figura 35 inclui uma seleção de possíveis símbolos que podem ser adotados.

Figura 35: Alguns sinais de proibição que podem ser utilizados durante o manuseio do fluido frigorífico e as outras atividades

**"NÃO ENTRE"**

**"SOMENTE PESSOAS AUTORIZADAS"**

**"NÃO FUME"**

**"PROIBIDO PRODUZIR CHAMAS"**

- Os sinais de aviso podem ser aplicados ao equipamento e às áreas de trabalho. Em termos de equipamento, o símbolo de aviso de chamas deve ser aplicado à placa de identificação do equipamento, em uma tubulação separada e no manual de reparos e deve estar sempre visível ao se acessar peças para manutenção. A Figura 36 mostra alguns exemplos de tal sinalização.

Figura 36: Alguns sinais de aviso que podem ser aplicados aos equipamentos e áreas de trabalho

**"Gás inflamável"**

**"FLUIDO FRIGORÍFICO R290 EXTREMAMENTE INFLAMÁVEL"**

**"PERIGO Área de risco"**

- Símbolos obrigatórios podem ser aplicados tanto ao equipamento quanto a manuais e áreas de trabalho. Por exemplo, um símbolo para que o leitor leia o manual do usuário, o manual de reparos e manual de instalação deve estar visível no equipamento. Também é necessário que seja aplicada a aparelhos portáteis uma declaração de que o aparelho deve ser instalado, operado e armazenado em uma sala com uma área maior do que "X" $m^2$. A Figura 37 mostra alguns exemplos.

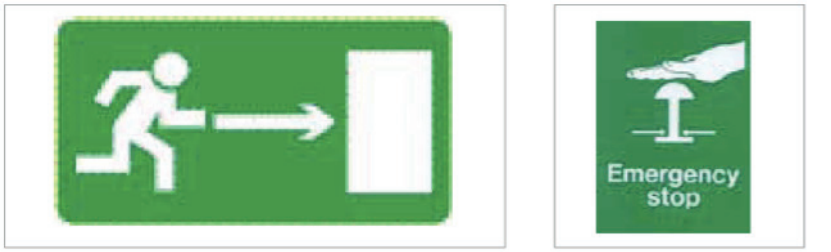
Figura 37: Alguns sinais obrigatórios para uso em equipamentos

**"Leia o manual ou guia de orientação"**

**"ADVERTÊNCIA Aparelhos deverão ser instalados, operados e armazenados em uma sala com área superior"**

- Símbolos de condições seguras podem ser usados em áreas de trabalho técnico e em instalações permanentes, tais como as linhas de produção e as áreas da oficina, por exemplo, para indicar as passagens de saída de segurança e as localizações dos botões de parada de emergência. A Figura 38 apresenta alguns exemplos.

Figura 38: Alguns sinais obrigatórios para uso em áreas de trabalho




"Saída de emergência" "Parada de emergência"

- Sinalização de substância perigosa, tal como a da Figura 39, para os gases inflamáveis é normalmente aplicada em recipientes de fluido frigorífico e em áreas de armazenamento de fluido frigorífico.

Figura 39: Sinalização de risco de "gás inflamável"

Os símbolos oficiais descritos aqui podem ser encontrados em ISO 3864, ISO 7000 e IEC 60.417.[35]

### 5.7.3 Manuais e outras instruções

Diferentes tipos de instruções, na forma de manuais, guias, catálogos técnicos, etc., devem ser fornecidos tanto para treinamento e como uma fonte de referência para quase todas as fases do ciclo de vida do equipamento. No caso dos manuais e outras orientações técnicas eles devem ser fornecidos principalmente para:

- Projeto de equipamentos e instalações;
- Produção, operação de equipamentos da linha de produção e montagem;
- Operação e funcionamento do sistema de segurança da área de produção;
- Armazenamento e distribuição de equipamentos;
- Instalação de sistemas e / ou equipamentos;
- Conservação, manutenção, desmontagem e descarte dos sistemas e / ou equipamentos;
- Operação dos sistemas e / ou equipamentos pelo usuário.

Especificamente para os equipamentos que utilizam fluidos frigoríficos inflamáveis os quais devem ser acompanhados de instruções adicionais, incluindo pelo menos as seguintes informações:

35 Consulte http://www.graphical-symbols.info/.

- As informações gerais do equipamento que normalmente constam em sua placa de identificação, bem como qualquer informação adicional adequada para facilitar a manutenção (por exemplo, endereço do importador, da assistência técnica, etc.);
- Instruções de segurança: procedimento de serviço, uso, montagem e desmontagem, manutenção (conservação e reparo de emergência), instalação, regulagem e indicação das áreas de perigo na frente de dispositivos de alívio de pressão (quando usado);
- Quando necessário, instruções de treinamento;
- Detalhes que permitem uma decisão a ser tomada acima de qualquer dúvida se um item do equipamento em uma categoria específica ou um sistema de proteção pode ser utilizado com segurança na área pretendida sob uma condição de operação planejada;
- Parâmetros elétricos e de pressão, temperaturas máximas de superfície e outros valores relacionados a outros limites;
- Sempre que necessário, informar condições especiais de utilização, incluindo os principais problemas de aplicação que já foram comprovados na prática;
- Sempre que necessário, informar as características essenciais das ferramentas que eventualmente são usadas na instalação do equipamento ou do sistema de proteção do equipamento.

Ao serem enviados para serem instalados e colocados em funcionamento, todos os equipamentos devem acompanhar suas instruções traduzidas para a língua ou línguas do país em que o equipamento será utilizado (e também devem possuir essas instruções na língua original). Elas devem conter os desenhos e diagramas necessários para a inspeção, manutenção, instalação/operação, verificação do bom funcionamento e, se for o caso, instruções de reparo do equipamento, juntamente com todas as outras instruções úteis, em especial com relação à segurança. Certifique-se que a literatura técnica do equipamento não irá contradizer com as instruções relacionadas aos aspectos de segurança.

Dependendo do tamanho da empresa que produz o equipamento, dos tipos de sistemas e equipamentos e de outros fatores, os manuais podem ser separados para cada fase (ou subfase dos seus procedimentos), ou eles podem ser combinados para algumas fases específicas. Em todos os casos, a informação deve estar completa e incluir todas as instruções e dados para o equipamento ser utilizado corretamente e com segurança. É de extrema importância que tais instruções venham escritas de forma clara e concisa para que todos possam compreendê-las corretamente; garantindo que qualquer leitor vai entender exatamente o que o manual quer dizer.

A tabela 14 (na página a seguir) apresenta uma visão geral dos tipos de informações que podem ser incluídas em cada fase dos manuais dos produtos. A maioria das informações relevantes sobre segurança estão disponíveis nas respectivas seções desta publicação. No entanto, essa tabela está relacionada somente aos aspectos de segurança e de inflamabilidade, portanto, evidentemente, há outros tipos de informações relacionadas a outros temas que devem ser incluídas em todas as fases do manual do produto.

Embora a Tabela 14 refere-se a seções específicas deste manual, o conteúdo dos manuais de instruções ou outros documentos técnicos relacionados aos produtos não precisam necessariamente se r uma copia desse manual, mas certamente as informações desse manual podem ser relevantes na elaboração do conteúdo da documentação técnica dos produtos. Dependendo da configuração da infraestrutura do local em questão ou do tipo de sistemas e equipamentos será necessário o uso de outros tipos de informação/material técnico diferente desse manual. Do mesmo modo, a profundidade do conteúdo da informação fornecida na documentação técnica do produto irá variar em função do tipo de atividade considerada, bem como a complexidade dos sistemas e equipamentos.

A fim de verificar se os manuais de instruções possuem uma qualidade adequada, eles devem ser "testados", fazendo com que pessoas menos competentes tentem seguir as instruções pertinentes e posteriormente avaliar se o trabalho foi adequadamente realizado conforme as instruções, e finalmente, também é importante o feedback das pessoas que participaram do teste.

Tabela 14: Visão geral de informações necessárias para manuais

| Tipos de informações / Fases do produto e grupos-alvo | Partes relevantes deste livro | Projeto (engenheiros de projeto e desenvolvimento) | Fabricação (trabalhadores da produção, supervisores e equipes de manutenção) | Armazenamento e distribuição (equipe de armazém, supervisores, equipe de entrega) | Instalação (técnicos de instalação) | Serviço e manutenção (técnicos de serviço e manutenção) | Operação (usuários e operadores dos sistemas e aparelhos) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Considerações básicas de segurança relacionadas à inflamabilidade | 1.2.1 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Classificação do grupo de segurança dos fluidos frigoríficos | 1.2.2 | ✓ | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| Considerações básicas para trabalhar com HCs | 1.2.3 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Regulamentações | 1.5.2,1.5.3 | ✓ | ✓ | ✓ | | | |
| Normas de segurança relacionadas aos sistemas de RAC | 1.5.4 | ✓ | | | ✓ | ✓ | |
| Equipamentos e ferramentas usados pelos técnicos | 3.2.3 | | | | ✓ | ✓ | |
| Sistema de fornecimento de fluido frigorífico para a linha de produção | 4.2 | | ✓ | | | | |
| Equipamentos usados na linha de produção de aparelhos | 4.3 | | ✓ | | | | |
| Sistemas de segurança da linha de produção | 4.4 | | ✓ | | | | |
| Áreas de reparos e serviços | 4.5 | | ✓ | ✓ | | ✓ | |
| Conceitos de projeto para operação segura | 5.1 | ✓ | | | ✓ | ✓ | |
| Projeto para prevenção de vazamento | 5.2 | ✓ | | | ✓ | ✓ | |
| Limites de quantidade de carga de fluido frigorífico | 5.3 | ✓ | | | ✓ | ✓ | |
| Prevenção de fontes de ignição | 5.5 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Requisitos para instalações de sistemas na parte externa | 5.6.1,5.6.3 | ✓ | | | ✓ | ✓ | |
| Sala de máquinas | 5.6.4,5.6.5 | ✓ | | | ✓ | ✓ | |
| Seleção e instalação de componentes | 5.6.5.6.7 | ✓ | | | ✓ | | |
| Detector de gás (fixo) | 5.6.9 | ✓ | | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Sinalização | 5.7.2 | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Análise de risco | 5.8 | ✓ | | | | | |
| Procedimentos de manuseio de fluido frigorífico | 6.1,6.3,6.5 | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Comissionamento de sistemas | 6.3 | | | | ✓ | ✓ | |
| Conversão "retrofit" de fluidos dos sistemas | 6.4 | | | | | ✓ | |
| Dados de pressão e temperatura | A.10 | ✓ | | | ✓ | ✓ | |
| Características de inflamabilidade | A.4 | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ | |
| Ficha de registro das informações relacionadas ao uso de fluido frigorífico | A.9 | | | | ✓ | ✓ | |
| FISPQ* para fluido frigorífico | [fornecedor] | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ |

*FISPQ (Ficha de informação de segurança de produtos químicos)

# 5.8 ANÁLISE DE RISCO

## 5.8.1 Introdução

A análise de risco, tipicamente na forma de uma análise quantitativa de riscos (AQR) e outras técnicas, deve ser realizada em sistemas e equipamentos que usam fluidos frigoríficos inflamáveis. As principais razões para realização de uma análise de risco são:

- Garantir a realização de uma avaliação de segurança detalhada, uma vez que as normas de segurança são apenas hipóteses qualitativas sobre riscos, feitas por grupos de trabalho, comitês, etc., e, portanto, nem sempre são eficazes para todas as situações;
- Permitir a identificação de formas e meios para melhorar o nível de segurança dos sistemas e equipamentos, por meio de investigações detalhadas de todos os fatores que afetam o risco.

A utilização da análise de risco ajuda principalmente a evitar descrições emotivas como "seguro" ou "inseguro". Além disso, porque o método se destina a representar um caso da vida real, ou seja, não é aplicado o uso de hipóteses de "fatores de segurança" e "pior caso". Ele também fornece um meio eficiente útil para se obter uma compreensão racional dos riscos de inflamabilidade associados com o uso de fluidos frigoríficos HCs. Em geral, haverá muitas incertezas associadas ao projeto do sistema de segurança, utilização e operação do equipamento, caso haja pouco conhecimento e compreensão tanto dos riscos quanto dos componentes necessários para causar uma explosão, os quais estão associados com a utilização de uma determinada tecnologia. Esse problema poderá levar a uma situação de maior risco. No entanto, os envolvidos terão um nível de certeza muito mais elevado na realização do projeto, uso e operação do sistema de segurança se eles atingirem um maior conhecimento e entendimento dessas questões, proporcionando um grau de risco reduzido.

## 5.8.2 Técnicas gerais de avaliação de riscos

Determinar o risco de alguma coisa é estimar a probabilidade de danos que um determinado risco, ou conjunto de riscos, pode causar a pessoas ou propriedades. O risco em si é uma consequência das probabilidades de acontecer um evento indesejável e a gravidade desse evento indesejado. Assim, para realizar uma avaliação de risco é necessário identificar e analisar os perigos, estimar os riscos e então usar os resultados dessas análises para determinar possíveis medidas de redução de risco.

Há quatro técnicas comuns para a realização de uma análise de risco: Análise de Riscos e Operabilidade (HazOp - Hazard and Operability Study), Análise de Modos e Efeitos de Falhas (FMEA - Failure Modes and Effect Analysis), Análise por Árvore de Eventos (AAE), e Análise por Árvore de Falhas (AAF). Estes podem ser utilizados individualmente ou em conjunto.

Para executar tais atividades, é importante obter dados qualitativos e quantitativos com base na experiência do passado; nas ocasiões em que isto não seja possível, experiências e cálculos podem ser utilizados como um meio para obter as informações apropriadas sobre os riscos e sobre os eventos e processos que possam contribuir com a gravidade do risco. Ao analisar eventos e processos relacionados a equipamentos e instalações, é essencial fazer perguntas abertas, por exemplo: "como...?", em vez de "o que...?". De modo que uma compreensão mais ampla possa ser adquirida (ou seja, "como é que este evento ocorreu?" não "que evento correu?"). Além disso, a análise de risco deve ser realizada por uma equipe que possui a especialização necessária. Eles devem ter, no mínimo, os seguintes profissionais:

- Especialista (s) no projeto, construção e operação do sistema / equipamento / instalação em questão;
- Especialista (s) sobre os mecanismos físicos e químicos que resultam nos perigos em questão;
- Revisor (es) para verificar a avaliação global e se sua qualidade está razoável.

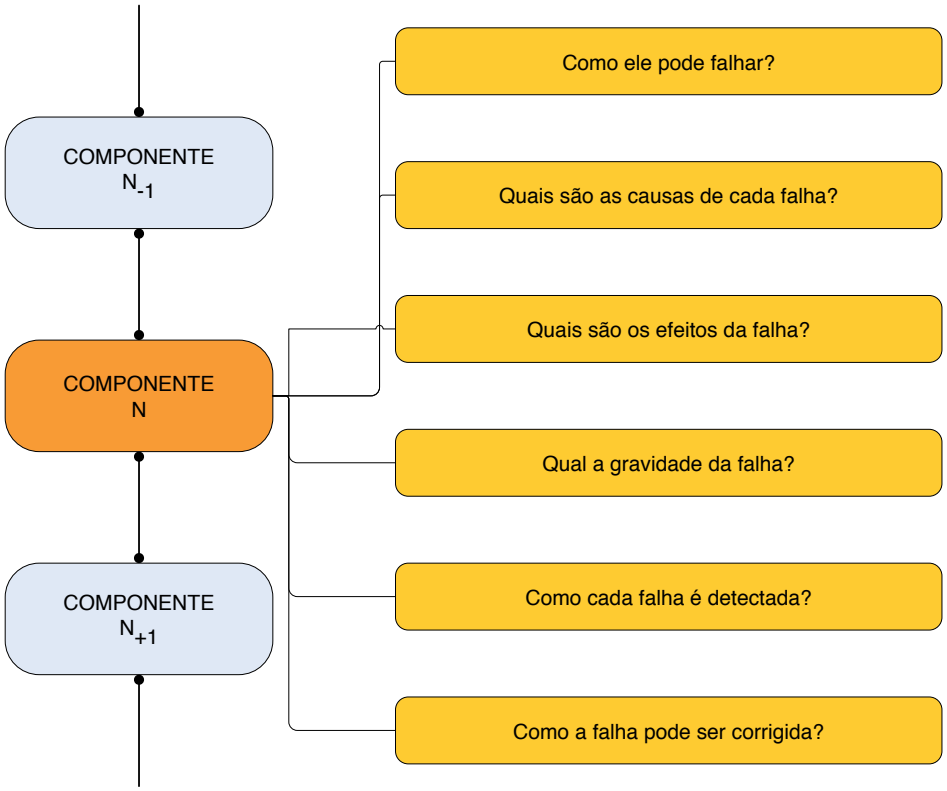
Além disso, há várias normas que podem ser diretamente ou amplamente aplicáveis à avaliação do risco da situação ou equipamento em questão, portanto elas devem ser consideradas.[36]

Os resultados de todos esses estudos devem incluir a identificação de todos os itens, locais, condições e atividades que levam aos riscos mais críticos e apresentar métodos para minimizá-los, que devem ser classificados em ordem de prioridade.

**Análise de Modos e Efeitos de Falhas (FMEA)**[37]

O FMEA aborda principalmente os efeitos das falhas ou funcionamento inadequado de cada um dos componentes de (ou as ações do processo) dentro de um sistema, com o objetivo de identificar os componentes que são os mais críticos e, portanto, que requerem maior atenção. O método em geral requer que cada componente seja listado e associado a uma série completa de perguntas (tais como aquelas na Figura 40) em relação ao modo de falha e as possíveis consequências no caso de falha.

Figura 40: Perguntas a serem feitas para cada componente em um sistema como parte de um FMEA


COMPONENTE N-1
COMPONENTE N
COMPONENTE N+1
Como ele pode falhar?
Quais são as causas de cada falha?
Quais são os efeitos da falha?
Qual a gravidade da falha?
Como cada falha é detectada?
Como a falha pode ser corrigida?

36 Ver, por exemplo, EN 15198 - Methodology for the risk assessment of non-electrical equipment and components for intended use in potentially explosive atmospheres; EN 1127 - Explosive atmospheres. Explosion prevention and protection; EN 15233 - Methodology for functional safety assessment of protective systems for potentially explosive atmospheres.

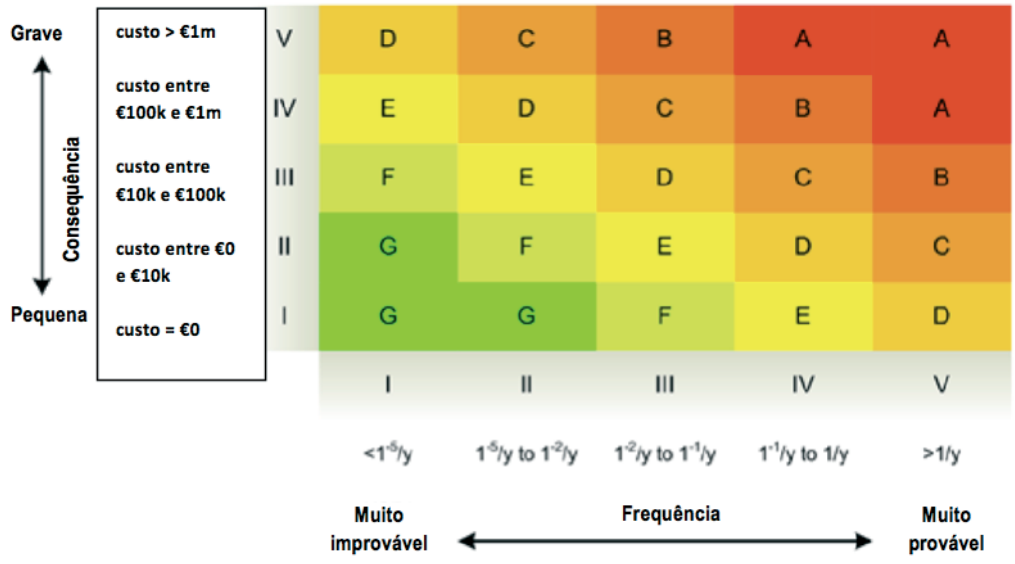
37 Mais orientações podem ser encontradas na IEC 60812 - Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA).

Tabela 15: Exemplo de algumas perguntas FMEA para um sensor de detecção (fixo) de gás inflamável.

| Como falhou? | Causas? | Efeitos? | Gravidade? | Detecção? | Correção? |
|---|---|---|---|---|---|
| Sem sinal | Falha na conexão | Sem alarme ou ventilação | Alta | Por um simples sinal de teste | Reparo manual |
| Sem sinal | Sensor contaminado | Sem alarme ou ventilação | Alta | Através de uma simples amostra usada para teste | Substituição manual |
| Sem sinal | Sensor coberto | Sem alarme ou ventilação | Alta | Através de uma simples amostra usada para teste | Ação manual |
| Sinal falso | Contaminante no ar | Outro vazamento de gás | Baixa | Detector alternativo | Sinal de alarme |
| -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | | | | | |

Finalmente, tanto para um sistema como para toda a instalação, deverá ser preparado um relatório com um resumo que apresente os modos de falha em uma sequência de prioridades, tornando óbvio os elementos que requerem mais atenção. Isso deve ser complementado com ações corretivas ou medidas que podem ser alterações de projeto, alterações ou novos procedimentos ou processos, planos de manutenção ou outros tipos de serviços/reparos, mudanças organizacionais, etc.

Figura 41: Exemplo da definição de riscos, com base na frequência da ocorrência de um evento não planejado e no valor do custo dos danos causados por consequência desse evento: "A" é inaceitável, "G" é aceitável



Um exemplo de como uma determinada análise pode ser realizada é fornecida na Tabela 15. Para cada falha, o nível do risco deve ser identificado. Esta análise deve ser realizada da seguinte forma:

(i) Estime a gravidade de cada falha categorizando-as a partir de mínima ou desprezível até catastrófica, e;

(ii) Estime a probabilidade de cada falha - geralmente por meio de experiência e / ou cálculo - que pode variar de improvável até frequente.

A partir do resultado da probabilidade versus gravidade, o risco de cada falha pode ser determinado. Assim, uma falha que tem menor gravidade e é muito improvável não apresenta um problema. No entanto, uma falha que seja suscetível de ocorrer muito frequentemente e tem uma gravidade catastrófica deve ser tratada em especial. A Figura 41 ilustra esse conceito, por meio de quantificar os diferentes níveis de frequência de um evento e da gravidade das consequências (em termos de custo). A situação mais aceitável é considerada como "G", de modo que a menos aceitável é "A". Note-se também que se um componente está ligado a outros (como quase sempre é o caso) mecanicamente ou processualmente, então a última consequência pode ser significativamente mais (ou menos) grave do que a inicialmente indicada, ambos os casos devem ser contabilizados.

**Análise por Árvore de Eventos (AAE)[38]**

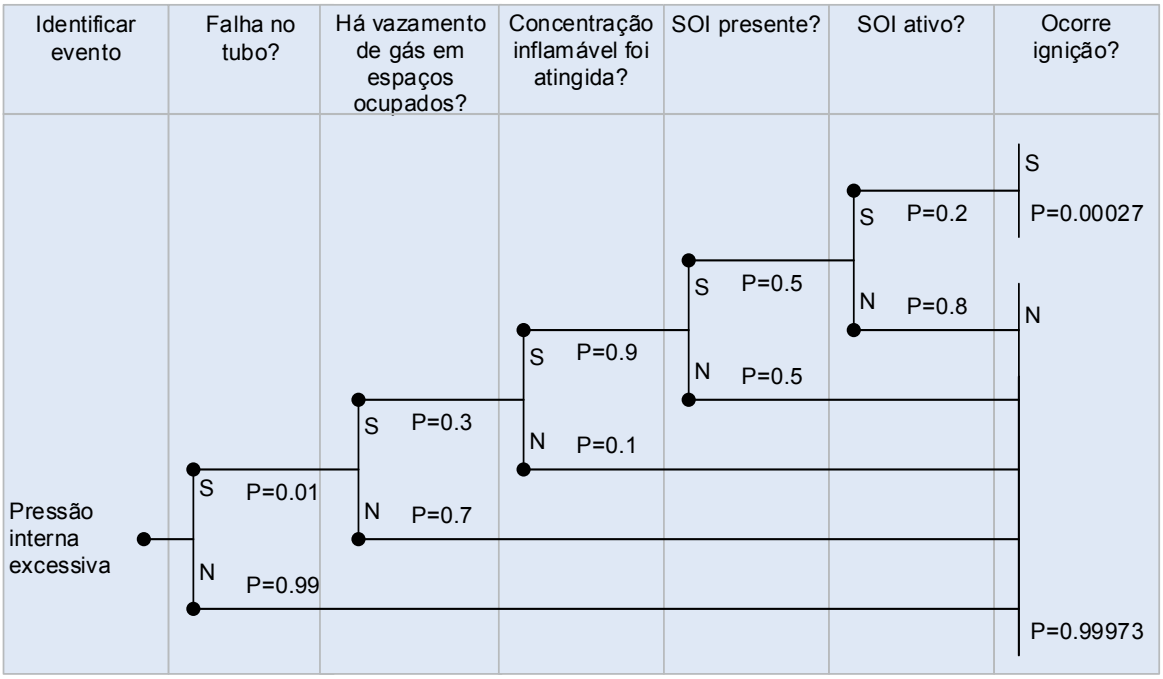
A AAE é uma técnica baseada em lógica, caracterizando a probabilidade de perigos que ocorrem de acordo com a contribuição a ocorrência ou não de eventos. Este método é normalmente usado para analisar situações que envolvem vazamentos de gases inflamáveis ou tóxicos.

Essencialmente, cada evento que conduza a uma ou mais consequências finais (começando com um evento inicial) deve ser listado e uma probabilidade deve ser atribuída a cada evento. O evento inicial pode ser uma falha de um componente, uma mudança de estado, uma ação humana ou alguma outra ocorrência, enquanto que o resultado final pode ser um evento de ignição, uma sobrepressão, uma fatalidade, um dano material, etc. Começando a partir do evento inicial, uma sequência de caminhos são traçados de modo a identificar as consequências de cada evento possível. A ocorrência de cada evento (e não ocorrência do evento) tem uma probabilidade atribuída, e a partir dela é determinada a probabilidade total da consequência final.

Um exemplo de uma árvore de eventos para um vazamento de gás inflamável a partir de um tubo, levando a uma possível ignição, está apresentado na Figura 42.

38 Mais orientações podem ser encontradas na IEC 60812 - Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA).

Figura 42: Exemplo de uma árvore de eventos para um vazamento de gás inflamável de uma tubulação




**Análise por Árvore de Falhas (AAF)**[39]

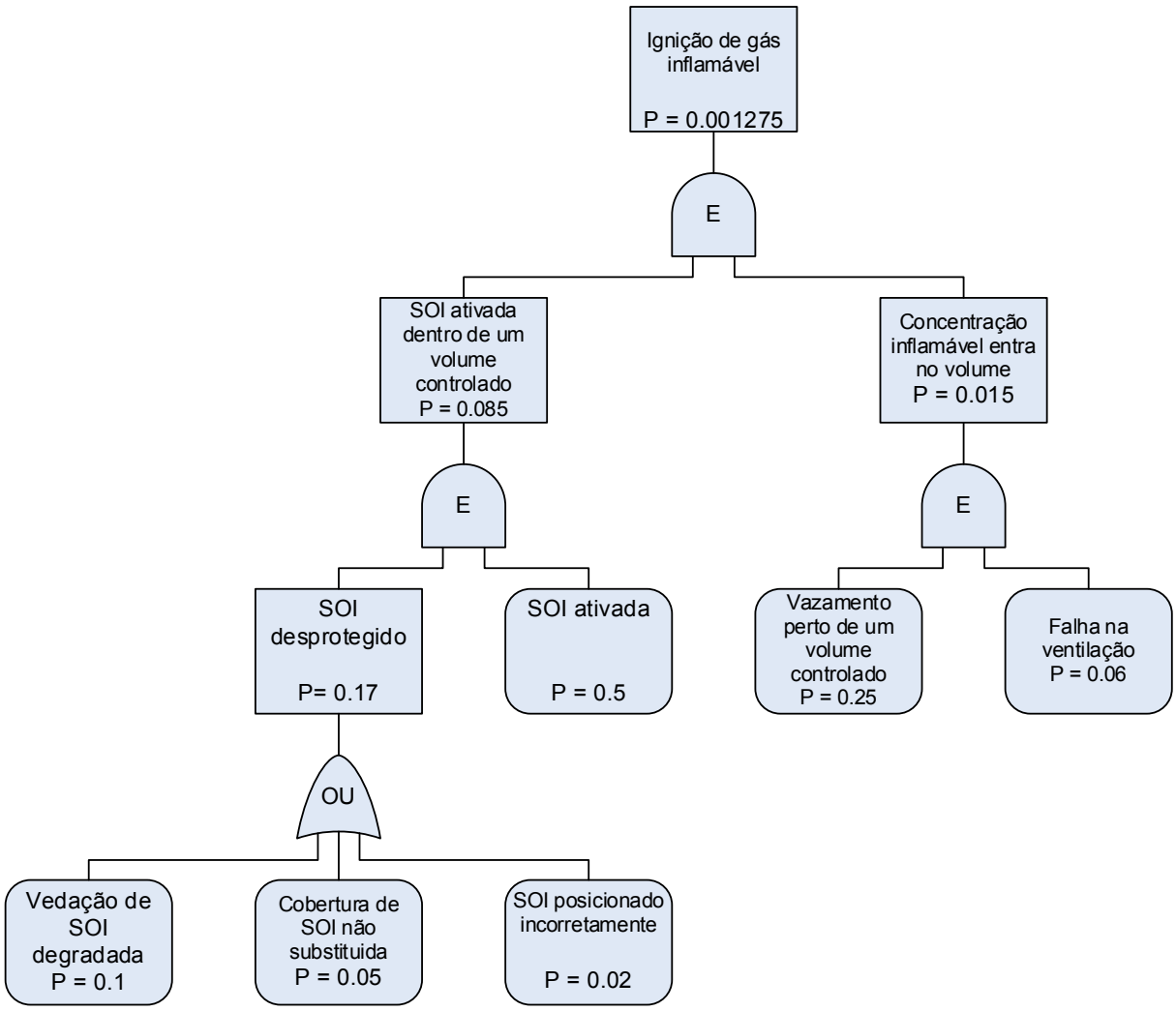
A AAF é outra técnica que combina um método gráfico e probabilidades estimadas para determinar a probabilidade de resultados não planejados. Ela ajuda a desenvolver sistematicamente uma visão geral dos possíveis eventos que levam a uma ou mais consequências.

O primeiro passo da AAF é identificar a consequência mais grave, ou 'evento topo'. A partir daí, a árvore de falhas é construída de uma forma que relaciona a sequência de eventos que conduzem finalmente à ocorrência do evento topo. Geralmente, é produzida por meio de uma série de portas lógicas "E" e "OU", que representam a combinação de condições necessárias para satisfazer o evento seguinte. Para cada caso, uma probabilidade deve ser atribuída. Na qual dois ou mais eventos são necessários para o evento subsequente ocorrer, é então usada uma porta E, e as probabilidades são multiplicadas. Enquanto que se o evento anterior puder atuar de forma independente para resultar no caso posterior, é, então, usada uma porta OU e as probabilidades somadas.

A Figura 43 é uma ilustração básica de uma árvore de falhas, mostrando a falha de proteção de eventos provenientes de uma SOI e de eventos provenientes de um vazamento de gás inflamável, conduzindo ao evento topo que é uma ignição.

39 Mais orientações podem ser encontradas na IEC 62502 – Analysis techniques for dependability – Event tree analysis.

Figura 43: Exemplo de uma árvore de falha conduzindo a um evento top que é uma ignição de um gás inflamável proveniente de um SOI desprotegido




**Análise de Riscos e Operabilidade (HAZOP)[40]**

A HAZOP na verdade não é uma técnica de avaliação de risco (por definição), mas fornece um meio eficiente de adquirir conhecimento para os possíveis riscos provenientes de sistemas e instalações, que podem ser quantificados por outros meios. Em termos gerais, a realização de um HAZOP exige uma série de "e se?". Perguntas a serem feitas sobre um determinado processo do sistema, ou funcionamento de uma instalação. Ele é usado para analisar sistematicamente as atividades de fabricação, projeto, construção, instalação, operação e serviços e manutenção de sistemas ou equipamentos.

A Figura 44 é um diagrama de fluxo com o procedimento típico HAZOP. Inicialmente, os limites do sistema, equipamentos, atividades, etc., devem ser estabelecidos e então eles precisam ser divididos em elementos individuais para serem examinados. Para cada elemento, algumas palavras-guia devem ser usadas para

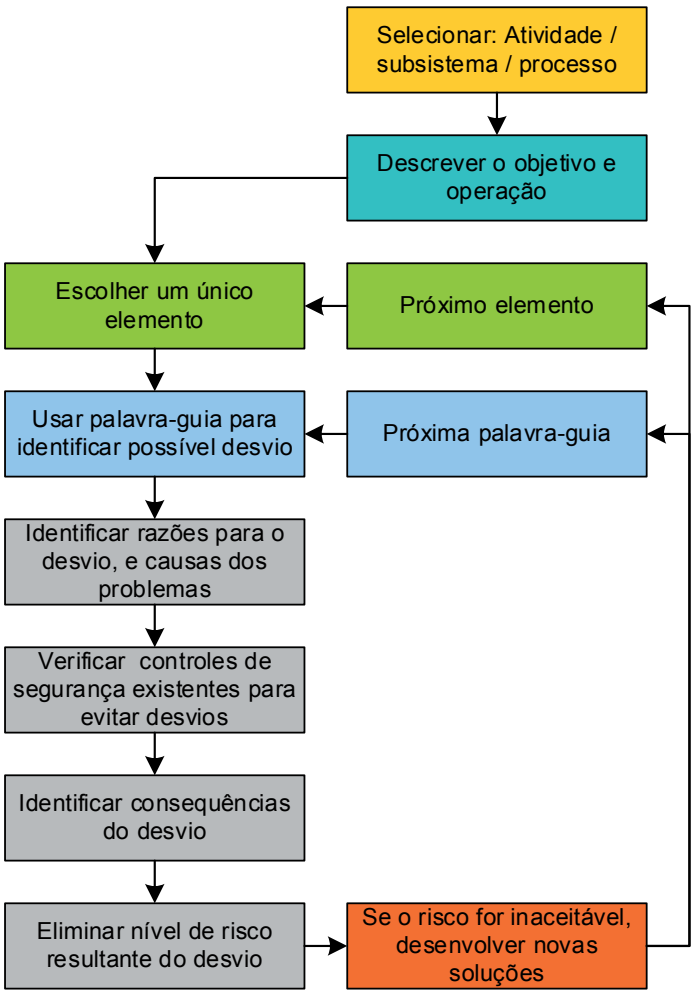
40 Mais orientações podem ser encontradas na norma IEC 61882 – Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide.

examinar os possíveis “desvios” (ou seja, os problemas, falhas, erros, etc.) em operação. Estas palavras guia geralmente são as seguintes:

- “não” ou “nenhum” - a negação do propósito;
- “mais” - acréscimo quantitativo;
- “menos” - decréscimo quantitativo;
- “bem como” - acréscimo qualitativo;
- “parte de” - decréscimo qualitativo;
- “reverso” - oposição lógica do propósito;
- “outro que, senão” - substituição completa.

Para cada um dos desvios identificados, deve-se procurar por suas respectivas causas, já que estas podem ser utilizadas para evitar os desvios. Da mesma forma que, o projeto existente bem como seus respectivos controles devem ser verificados, a fim de se determinar se eles evitam o desvio ou como esses desvios são evitados. Em seguida, as consequências dos desvios devem ser identificadas, e então, deve ser feita uma estimativa do risco proveniente do desvio, possivelmente usando o mesmo método detalhado na Figura 41. Se o risco for inaceitavelmente alto, então devem ser desenvolvidos meios alternativos de lidar com o desvio. O processo inteiro deve ser realizado para todos os elementos dentro dos limites escolhidos.

Figura 44: Típico diagrama de fluxo de trabalho para realização de uma análise HazOp


Selecionar: Atividade / subsistema / processo
Descrever o objetivo e operação
Escolher um único elemento
Próximo elemento
Usar palavra-guia para identificar possível desvio
Próxima palavra-guia
Identificar razões para o desvio, e causas dos problemas
Verificar controles de segurança existentes para evitar desvios
Identificar consequências do desvio
Eliminar nível de risco resultante do desvio
Se o risco for inaceitável, desenvolver novas soluções

Para ilustrar esse método, é dado o exemplo de um técnico realizando a carga de fluido frigorífico HC em um sistema. Alguns possíveis desvios estão listados com base nas palavras-guias:

- "Não" ou "nenhum" → por exemplo, não há balança eletrônica no local, folga na conexão da mangueira;
- "Mais" → por exemplo, carga excessiva de fluido frigorífico, pressão muito alta;
- "Menos" → por exemplo, fluido frigorífico insuficiente no cilindro, falta de ventilação;
- "Bem como" → por exemplo, presença de SOI nas proximidades, ar dentro do sistema;
- "Parte de" → por exemplo, não há detector de gás no local, tampa da válvula não foi trocada;
- "Inverso" → por exemplo, o fluido é liberado e retorna para fora do sistema, abrir/fechar a válvula errada do manifold;
- "Exceto" → por exemplo, técnico sem treinamento, conexão de mangueira errada.

Alguns destes desvios estão incluídos na Tabela 16 como exemplo.

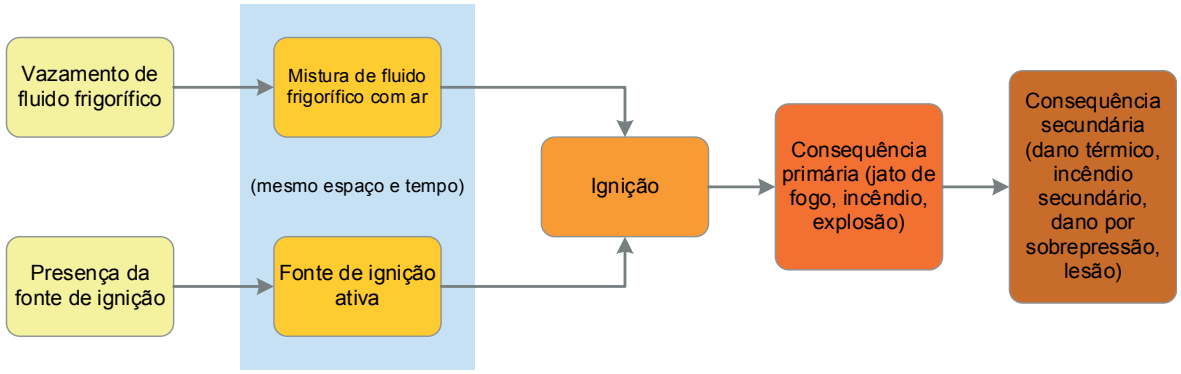
Tabela 16: Exemplo de aplicação de HazOp durante o procedimento de carga de fluido frigorífico HC no sistema

| Desvio | Causa do desvio | Consequência | Controles existentes | Ações possíveis |
|---|---|---|---|---|
| Folga na conexão de mangueira | Aperto insuficiente | Vazamento de gás | Válvula de fechamento manual | Usar detector de gás, ativar fluxo de ar de emergência |
| Carga excessiva de fluido frigorífico | Deficiência do controle manual | Atuação do dispositivo de alívio de pressão, ruptura em alguma parte do sistema | Pesagem manual | Recolher o fluido frigorífico, ativar fluxo de ar de emergência |
| Presença de SOI nas proximidades | O técnico não verificou a área | Ignição do vazamento | Nenhum | Programar um alarme de lembrete, fazer um "checklist" |
| Tampa da válvula não foi trocada | Técnico esqueceu | Pequeno vazamento de gás | Manuais de instrução, sinalização | Usar uma cinta/ presilha para prender a tampa na própria válvula |
| | | | | |

### 5.8.3 Metodologia específica

Esta seção apresenta uma metodologia para análise quantitativa de riscos (AQR) de fluidos frigoríficos inflamáveis em sistemas de RAC. O objetivo é fornecer um conceito geral para a quantificação de cada um dos principais eventos – em termos de probabilidade – que levam a uma dada consequência e a avaliação dessa consequência.

Figura 45: Sequência básica de eventos que causam risco relacionados aos fluidos frigoríficos inflamáveis


Vazamento de fluido frigorífico
Mistura de fluido frigorífico com ar
(mesmo espaço e tempo)
Presença da fonte de ignição
Fonte de ignição ativa
Ignição
Consequência primária (jato de fogo, incêndio, explosão)
Consequência secundária (dano térmico, incêndio secundário, dano por sobrepressão, lesão)

A Figura 45 oferece uma visão básica da sequência de eventos que levam a uma consequência indesejável e riscos, conforme a seguinte falha de um componente em um sistema de RAC, causando: um vazamento de fluido frigorífico → criação de uma mistura inflamável → ignição da mistura → evento consequente → dano. O primeiro resultado importante de uma AQR é a frequência de ignição, expressa como o número de ocorrências de um evento por unidade de tempo, para um projeto específico de equipamento de RAC, dentro de ambiente específico. O segundo resultado é a gravidade das consequências causadas pelo evento de ignição.

Enquanto o uso da AQR deve ser aplicado a diversos estágios durante o tempo de vida do equipamento, as fases que são focadas aqui são aquelas durante os estágios de uso do equipamento. Principalmente:

- Sistema em operação (em uso);
- Durante serviço e manutenção (manuseio do fluido frigorífico);
- Durante armazenamento (se aplicável).

Durante as atividades também se deve considerar os dois grupos em risco que são:

- A população;
- E os trabalhadores (técnicos).

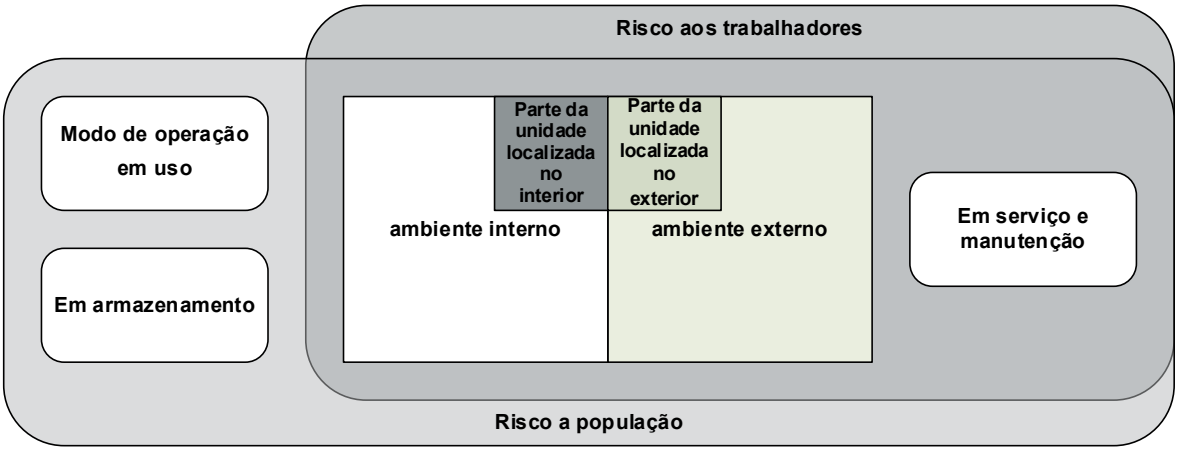
Por fim, os locais em questão também devem ser tratados, os quais estão relacionados com as partes contendo fluido frigorífico, que normalmente são:

- Ignição de mistura inflamável dentro de uma sala (espaço ocupado ou sala de máquinas);
- Ignição de mistura inflamável dentro do recinto ou abrigo interno do equipamento;
- Ignição de mistura inflamável no lado de fora (a céu aberto);
- Ignição de mistura inflamável de um ambiente ou na parte interna do gabinete do equipamento, que fica dentro do ambiente; ou fora de um ambiente; ou na parte interna do gabinete do equipamento que fica fora do ambiente;
- Veja o mapa de análise de risco aos trabalhadores na Figura 46.

Em geral, o risco de ignição para um local exterior é, normalmente, muito menor que para uma situação em local interior, devido à grande área e as altas taxas de ventilação. Da mesma forma que, devido à grande quantidade de condições diferentes e às pequenas quantidades de gás que se pode prever o vazamento, o cálculo do risco pode ser bastante incerto. Embora a discussão a seguir, portanto, relaciona-se mais

com vazamentos dentro de espaços ocupados ou fechados, áreas externas também devem ser levadas em consideração.

Figura 46: Mapa de modos, locais e público-alvo a serem considerados na análise de risco




Durante a avaliação do risco, deve ser levada em consideração uma grande quantidade de condições, Algumas delas são:

- Modo de uso: operação normal, armazenamento, serviço, manutenção;
- Modo de operação: compressor ligado ou desligado;
- Condição do fluxo de ar da unidade: desligado ou ligado, taxas de fluxo diferente;
- Ventilação mecânica: desligada ou ligada, taxas de fluxo diferente;
- Presença de fontes térmicas;
- Infiltração e ventilação natural: taxas diferentes de acordo com condições ambientais;
- Presença de SOIs: posições diferentes, tipos diferentes;
- Tamanho do vazamento: variando de muito pequeno a muito grande;
- Controles: falha dos circuitos de controle, detectores, ventiladores, válvulas, etc.

A fim de avaliar apropriadamente as probabilidades descritas acima, é necessário entender os processos físicos que as causam. Portanto, a discussão de tais aspectos como características inflamáveis, vazamento de fluido frigorífico, dispersão de vazamentos de fluido frigorífico, outros aspectos como doses térmicas e de sobrepressão serão apresentados mais tarde.

**Frequência de ignição**

Um evento de ignição é uma coincidência de três eventos fundamentais:

- Ocorrência de vazamento;
- Desenvolvimento de uma mistura de fluido frigorífico inflável/ar em um local específico, e;
- Coexistência de uma fonte de ignição "ativa" dentro da mistura inflamável.

Cada um desses eventos têm as suas probabilidades ou frequências e a frequência de ignição (f*) depende essencialmente dessas probabilidades ou frequências. A frequência de ignição de um único vazamento sob um determinado conjunto de condições (f*) é calculado a partir da equação (12).

$$f_i^* = f_{vazamento,i} \sum_{i=1} P_i^{F^*} \tag{12}$$

Nesta equação $f_{vazamento,i}$ e $P_i^{F^*}$ são, respectivamente, a frequência e a probabilidade de ignição de uma mistura inflamável por uma SOI ativada. $F_{vazamento,i}$ se refere a um tamanho específico de vazamento em termos de duração, sob um conjunto de condições, e está amplamente relacionado à construção/instalação do sistema e ao modo de operação do compressor (partida e parada do clico), e é normalmente baseado em dados empíricos (ou anedóticos). i representa cada um dos conjuntos de condições de operação e ambientais. $P_i^{F^*}$ pode ser avaliado de acordo com um elemento/região vertical dentro de uma sala de forma que as fontes de ignição (SOI) estejam ligadas à formação de uma mistura inflamável neste local (levando em conta flutuabilidade do gás).

Para levar-se em conta a natureza dinâmica da operação do equipamento e/ou o ambiente em questão, $f_i^*$ é normalmente avaliado para cada um dos conjuntos de condições, como modo de operação do compressor e a presença dos tipos de fluxo de ar alternado ou múltiplo. Consequentemente, o total da frequência de ignição (f*) é a soma de cada uma das frequências de ignição para todos os tamanhos de vazamento, ponderados com a fração de tempo correspondente para cada combinação de condições – modo de operação do compressor e tipo de fluxo de ar – presente (equação 13).

$$f^* = \sum_{j=1} f_j^* \varphi_j \tag{13}$$

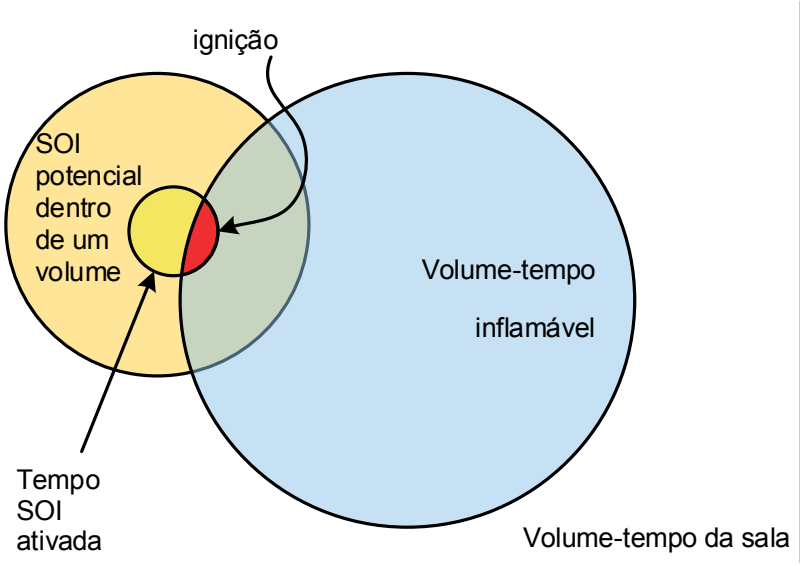
Sendo que cada $\varphi_j$ refere-se aos diferentes modos de operação, taxa de infiltração, presença de correntes térmicas, ventilação mecânica, etc.

Para determinar a probabilidade ignição ($P_i^{F*}$) para uma fonte de ignição ativada (SOI) cercada por uma mistura de concentração inflamável ($C^F$) dentro de um espaço fechado, as características de cada SOI devem ser levadas em consideração. Para um dado espaço-tempo, a ignição pode acontecer potencialmente quando uma SOI ativada está presente no mesmo tempo e posição espacial que $C^F$, como ilustrado na Figura 47. A coincidência destes fatores leva à ignição, como indicado pela área escurecida. Para determinar $P^{F*}$, é evidente que duas probabilidades de componentes sejam necessárias: probabilidade de uma SOI ativada ao mesmo tempo em que $C^F$, e probabilidade de que $C^F$ esteja na mesma posição espacial que a SOI potencial. $P_i^{F*}$ é determinado a partir da equação (14).

$$P_i^{F^*} = \sum_{N=1}^{N_{SOI}} \left\{ 1 - \left[ \left(1 - P_{V_i}^F\right) + P_{V_i}^F \left(1 - P_{SOI,i}\right) \right]^{N_E} \right\}_{N_{SOI}} \tag{14}$$

Na equação acima $P_V^F$ é a probabilidade de um volume inflamável, P SOI é a probabilidade de uma fonte de ignição ativada, N SOI é o número de SOI, e $N_E$ é o número de eventos ativos de cada SOI. $P_V^F$, e, portanto, $P^{F*}$ é uma função do tamanho e duração de uma mistura inflamável, influenciada por muitos parâmetros, incluindo quantidade da carga, duração do vazamento e condições de fluxo de ar, ocorrência de infiltração, convecção por fontes térmicas, ventiladores dos evaporadores e/ou condensadores, e várias formas de ventilação mecânica, e também é necessária uma avaliação para determinar o tipo e as características relevantes de um vazamento.

Figura 47: Diagrama de Venn indicando as ocorrências necessárias para ignição




**Cálculo da probabilidade de se obter uma SOI**

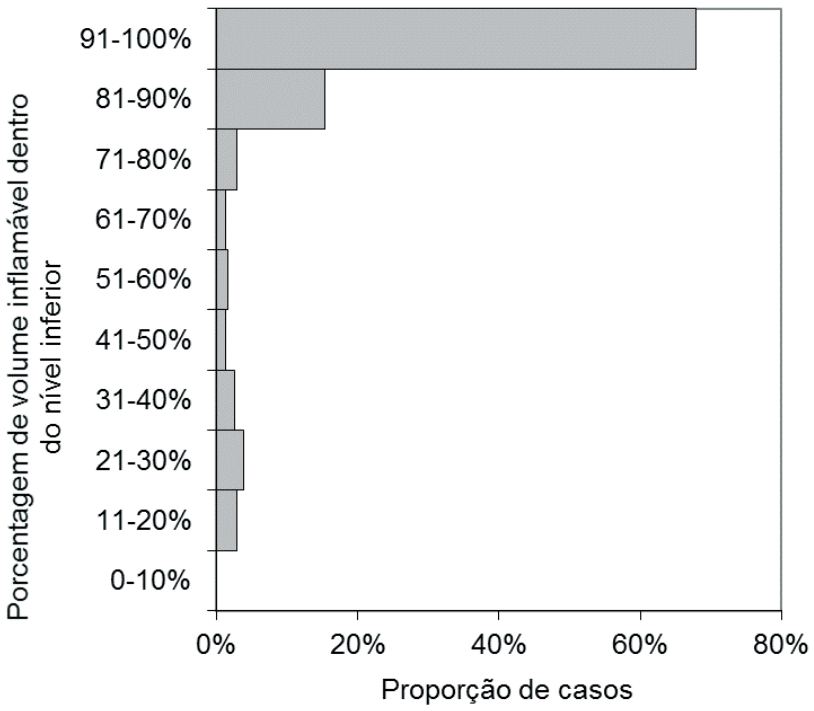
Dentro de um dado espaço, uma SOI ativada pode estar presente no equipamento de RAC ou em outro lugar dentro de uma sala, ou em ferramentas usadas para realização de serviços. Para um único evento com uma SOI ativada a qual se assume que irá ocorrer por uma duração, aleatoriamente, dentro de um período de referência, a probabilidade de sua ocorrência pode ser dada pela razão entre a duração da SOI e a duração desse período de referência. Do mesmo modo que, se um evento de volume inflamável ocorrer aleatoriamente sobre uma determinada duração dentro desse mesmo período de referência, a probabilidade de a concentração inflamável estar presente é a razão entre a duração daquela concentração inflamável e o período de referência. Como o evento de SOI e o evento de volume inflamável são independentes, a probabilidade que eles ocorram simultaneamente dentro do mesmo período de referência é a soma de ambas as probabilidades. Portanto, a probabilidade do evento de SOI estar presente ao mesmo tempo em que a concentração inflamável pode ser escrita como a equação (15), mostrando a probabilidade de uma SOI ativada dentro do volume inflamável dentro de um volume de referência sob um dado conjunto de condições como resultado de certo tamanho de vazamento (em termos de duração).

$$P^F_{SOI,i} = P_{disp}\frac{(t_{SOI}+t^F_i)}{t'} \quad , \quad P^F_{SOI} \leq 1 \tag{15}$$

Na equação acima $P_{disp}$ está incluído para levar em conta a disponibilidade da SOI (por exemplo, se a parte elétrica está protegida contra a entrada de fluido frigorífico, $P_{disp} = 0$, ou se a qualidade da proteção pode falhar, $0 < P_{disp} < 1$; de outra forma, para uma SOI permanente, $P_{disp} = 1$.

A importância do posicionamento das fontes de ignição também deve ser considerada, já que os cálculos de probabilidade precisam que o local seja dividido em três níveis de iguais volumes para que se leve em conta a localização da SOI. Se houver uma proporção maior da concentração inflamável ocorrendo consistentemente dentro dos níveis superiores de uma sala, então toda SOI deve ser tratada, contudo, se a maioria permanece dentro do nível inferior, então pode ser possível levar em conta apenas a SOI próxima ao nível de chão. Valores da razão entre o volume-tempo existente dentro do nível inferior de uma sala (abaixo de 1 m) e o volume-tempo inflamável total para várias situações diferentes são mostrados na Figura 48, como uma porcentagem dos casos que possuem uma proporção de volume-tempo inflamável abaixo da altura de 1 m de dentro de uma sala, em relação ao total que surja de um determinado vazamento. É observado que cerca de 70% dos casos têm ao menos 90% de seu volume-tempo inflamável existente no nível inferior, e 85% dos casos têm ao menos 80% do volume-tempo inflamável dentro no nível inferior. É, portanto, considerado aceitável levar em conta apenas a FDI no nível do chão.

Figura 48: Proporções de volume-tempo inflamável presentes no nível inferior para várias situações diferentes




**Cálculo da probabilidade de se obter um volume inflamável**

A probabilidade de se ter um volume inflamável ($P_V^F$) é baseada na coincidência da SOI ativada estar presente na mesma parte do local que a concentração inflamável. Para isso, se assume que as SOI estão localizadas aleatoriamente dentro do mesmo volume de referência em que a concentração inflamável possa existir, por isso a necessidade do $P_V^F$. Assim, existem dois resultados possíveis: um evento de concentração inflamável que ocorre dentro de uma dada localização resultando em um volume inflamável, ou uma concentração < LII. Essa probabilidade é a razão entre o número de eventos com volume inflamável e o total de eventos possíveis de volume inflamável, onde o número de eventos é interpretado como o total de elementos volumétricos, então, a probabilidade do volume inflamável é dada pela equação 16, abaixo:

$$P_{V,i}^F = \frac{\overline{V}_h^F}{V_h'} P_{sys} P_{perc} \tag{16}$$

Nesta equação, o volume de referência V' corresponde aos níveis horizontais escolhidos para agruparem a SOI presente no local ($V'_h = A_{RM} h_{RM} / N_h$), e $V_h^F$ é o volume inflamável médio existente dentro do volume de referência. $P_{sys}$ é a probabilidade de vazamento da carga de um sistema, também interpretado como "taxa de vazamento anual", ou razão entre a massa total de vazamento de uma determinada quantidade de sistemas, e o reservatório de fluido frigorífico. $P_{perc}$ é a probabilidade de infiltração que é quando uma falha provoca uma ignição de uma $C^F$ devido a pequenas concentrações de gás não misturado ou ar, dentro de uma "nuvem".

**Volumes inflamáveis**

Na realização de uma análise quantitativa de riscos (AQR) da probabilidade de uma ignição, é importante estimar com precisão o tamanho e duração de uma região inflamável que tenha surgido devido ao vazamento de fluidos frigoríficos e quanto tempo ela permanecerá em condições inflamáveis, e nessa estimativa deve-se considerar todas as condições possíveis. Existe uma variedade de métodos diferentes que podem ser usados para realizar essa estimativa. Esses métodos podem incluir:

- Fluidodinâmica computacional (CFD – "Computational Fluid Dynamics");
- Modelos de decaimento zonal em 2-D ou 3-D;
- Modelos Gaussianos;
- Métodos simplistas.

A escolha do método para estimar o volume inflamável e o tempo que ele permanece nessas condições irá depender dos recursos disponíveis, da precisão necessária, da disponibilidade de dados de validação, etc. Em qualquer caso, é importante considerar os três processos distintos que podem surgir a partir de um vazamento de fluido frigorífico:

- Pluma descendente: Quando um vazamento se desenvolve dentro do circuito de refrigeração, é produzido um jato de alta velocidade, que pode colidir com uma superfície ou fluir diretamente para um espaço aberto em qualquer direção, mas eventualmente cede espaço a forças de flutuação, e é formada uma pluma de baixa velocidade relativa que cai para o chão, enquanto arrasta cada vez mais ar de seu entorno causando sua diluição.
- Pluma propagante: A pluma descendente se espalhará através do chão caso ela esteja próxima do chão com uma concentração igual ou acima do LII. Conforme isso acontece, o fluxo arrasta o ar superior e consequentemente se dilui depois. Enquanto a pluma descendente continua em direção ao chão sua nova frente, que é mais densa, desloca a mistura diluída para cima, causando assim, uma camada superior, e cada camada sucessiva arrasta o material vindo da camada acima.
- Decaimento da "nuvem": Ao fim do vazamento, se alguma parte da mistura estiver em um nível igual ou acima do LII, então, é considerado que uma nuvem esteja presente. A concentração dentro da nuvem tende a decair de maneira similar àquela da pluma propagante, em termos de arraste da mistura diluída de cima. Contudo, há um fluxo horizontal insignificante através do chão (devido à cessação das plumas descendentes e propagantes), então, enquanto existir um gradiente de velocidade entre as camadas devido ao movimento do ar dentro da sala, a taxa de arraste será mais lenta.

Na realização dos cálculos de avaliação desse processo, é essencial também levar em conta as várias fontes de fluxo de ar, incluindo fluxo de ar da própria unidade, da ventilação mecânica, de infiltração, e de convecção térmica.

**Consequências**

O evento de ignição pode resultar em uma ou mais consequências "primárias", que dependem das condições locais: um jato de fogo, um incêndio, e/ou uma explosão (caracterizada pelo desenvolvimento de sobrepressão suficiente da expansão de gases). A interação dessas consequências primárias com o entorno leva a possíveis consequências "secundárias": dano térmico do calor irradiado e um incêndio secundário devido, talvez, ao impacto das chamas ou sobrepressão suficiente para causar danos materiais e/ou às pessoas. Para levar isso em conta, costumava-se usar a intensidade da radiação térmica e sobrepressão (dentro da sala) para avaliar a consequência, de cada risco de fatalidade (associado à instalação). A frequência de fatalidade ($f_{FATAL}$) é a soma dos resultados de cada frequência de fatalidade $f_i^*$ (equação 17).

$$f_{fatal} = \sum_{i=1} \left( f_i^* P_{fatal}\{f_i^*\} \right) \varphi_{OCC,i} N_{OCC,i} \tag{17}$$

Nesta equação, $N_{OCC,i}$ e $\varphi_{OCC,i}$ são o número de ocupantes e a sua fração de tempo de residência, respectivamente. $P_{FATAL}\{f_i^*\}$ é a probabilidade de fatalidade devido à intensidade térmica aplicada a um ocupante ($I_{OCC}$) e/ou sobrepressão da sala ($\Delta p^o_{RM}$) correspondentes às condições para $f_i^*$.

A probabilidade de fatalidade associada com a dose de radiação térmica pode ser calculada, por exemplo, a partir da equação (18), quando $0 < P_{FATAL} < 1$.

$$P_{fatal}(I_{OCC}) = a + bIn\ I_{OCC} \tag{18}$$

Sendo: a = -3,79 e b = 0,54.

A probabilidade de fatalidade devido às sobrepressões pode ser calculada, por exemplo, a partir da equação (19), quando $0 < P_{FATAL} < 1$.

$$P_{fatal}(\Delta\rho^{o}_{Rm}) = a + bln\Delta\rho^{o}_{Rm} \tag{19}$$

Sendo: a = -3,62 e b = 0,76.

**Risco total**

A fim de representar o impacto do risco total apresentado por uma instalação, podem ser usadas a intensidade-frequência térmica integrada (equação 20) e a sobrepressão-frequência integrada (equação 21). Elas representam a consequência da ignição ponderada por tempo e gravidade.

$$X_{Iocc} = \sum_{i=1}\left(\sum_{j=1}^{N_{vazamento}} f^{*}_{j,i} I_{OCC,j,i}\right) \tag{20}$$

$$X_{\Delta po} = \sum_{i=1}\left(\sum_{j=1}^{N_{vazamento}} f^{*}_{j,i} \Delta\rho^{o}_{Rm,j,i}\right) \tag{21}$$

Como alternativa, para um único conjunto de condições, o pequeno risco pode ser encontrado a partir do produto $I_{occ}$ ou $\Delta_{\rho Rm}$ para o risco devido à intensidade térmica ou sobrepressão, respectivamente.

**Aceitabilidade do risco**

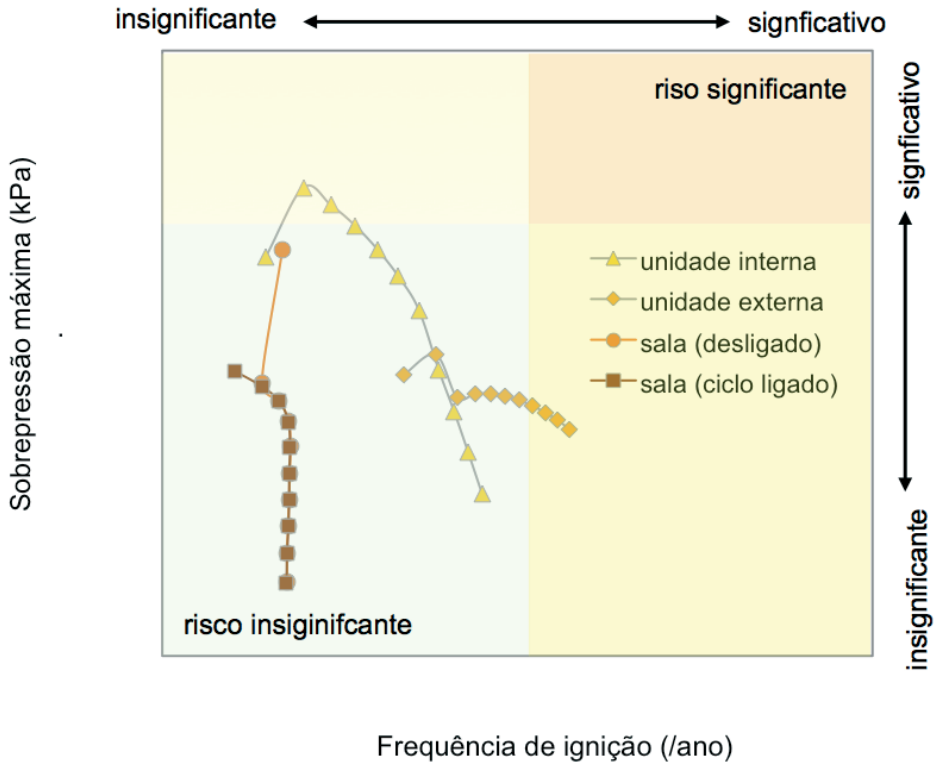
É necessário colocar os riscos calculados em contexto, se o equipamento for considerado como "seguro" ou "inseguro". Isso é alcançado estabelecendo-se certos limites para comparação com o resultado da AQR, indicando um risco aceitável ou inaceitável, considerando-se: frequência de ignição e frequência de fatalidade. Risco de ignição pode ser interpretado como risco de incêndio, já que a ignição pode levar a um incêndio secundário. Nesse respeito, é importante comparar o risco do equipamento de RAC contra os riscos advindos de, por exemplo, refrigeradores domésticos (sem HC), que possuem um valor de $1{,}1x10^{-5}\ y^{-1}$, evidentemente considerado "aceitável" pela sociedade. Para risco de fatalidade, o UK Health and Safety Executive ("Departamento de Saúde e Segurança do Reino Unido") recomenda valores para risco "insignificante" a um indivíduo: população $f_{FATAL} = 1x10^{-6}\ y^{-1}$, e trabalhador de indústria de serviços $f_{FATAL} = 1 \times 10\ 10^{-5}\ y^{-1}$. Assim, o $f_{FATAL}$ calculado deve ser menor que esses. Um resumo dos critérios de risco aceitável sugerido é dado na Tabela 17.

Tabela 17: Critérios de risco aceitável máximo sugerido

| Critérios | Limites | |
|---|---|---|
| | População | População |
| Frequência de ignição (fogo) (f*) | ‹ $1x10^{-5}$ $y^{-1}$ | ‹ $1x10^{-5}$ $y^{-1}$ |
| Intensidade térmica (IOCUP) | ‹ 1050 S $(Kw\ M^{-2})^{4/3}$ | ‹ 1050 S $(Kw\ M^{-2})^{4/3}$ |
| Sobrepressão ($\Delta\rho^{o}RM$) | ‹ 250 kPa | ‹ 250 kPa |
| Frequência de fatalidade (fFATAL) | ‹ $1x10^{-5}$ $y^{-1}$ | ‹ $1x10^{-6}$ $y^{-1}$ |

Geralmente o resultado de uma AQR pode ser analisado plotando-se uma curva de frequência-consequência, por exemplo, como essa na Figura 49. Esse exemplo é para a ignição de um fluido frigorífico inflamável que tenha vazado para dentro da unidade interior, unidade exterior e para dentro da sala, quando o fluxo de ar está ligado ou desligado. Usar esse método é uma ferramenta importante para observação do risco total, e, principalmente, para ajudar na identificação de situações que possam apresentar alto risco. A figura é dividida em quatro seções, onde o quadrante superior direito representa a região de "risco significativo" (ou seja, ocorrência de consequência severa com alta frequência), e o quadrante inferior esquerdo representa a região de "risco insignificante" (ou seja, ocorrência de consequência insignificante com baixa frequência). Quando os valores de risco estiverem em regiões de alto risco, podem ser feitas considerações para mudanças de projeto ou de procedimentos, de forma que o risco possa ser reduzido.

Figura 49: Exemplo de uma curva de frequência-consequência para ignição de fluido frigorífico inflamável a partir de vazamentos de tamanhos diferentes em unidade interior, unidade exterior e espaço ocupado para um ar condicionado



### 5.8.4 Características de inflamabilidade

As características inflamáveis de uma substância também afetam o risco de várias formas, então, é importante considerar essas características em relação ao ambiente no qual elas serão usadas. A seguir é apresentada uma breve introdução aos aspectos a serem considerados.

**Limites inflamáveis inferior e superior**

Os limites de inflamabilidade, e, principalmente, o LII são usados para relacionar o tamanho da carga fluido frigorífico às dimensões dos espaços em que o equipamento possa estar localizado. Além disso, são necessários para determinar as taxas de fluxo de ar para ventilação de exaustão. Eles também são críticos para a operação de detectores de fluido frigorífico em termos de valores definidos.

**Energia mínima de ignição e temperatura de autoignição**

Essas características estão primariamente relacionadas à consideração de fontes de ignição. Tanto no equipamento de RAC, quanto em certos casos, na área do entorno, é importante evitar fontes potenciais de ignição. Garantir que quaisquer superfícies potencialmente quentes tenham uma temperatura suficientemente baixa, ou que dispositivos que possam produzir carga eletrostática acima da energia mínima de ignição ajudem a evitar o risco. Da mesma forma que, técnicos de serviço e manutenção devem tomar cuidado com o uso de suas ferramentas e como elas são usadas no equipamento em relação a essas características.

**Calor de combustão, temperatura de chama adiabática e velocidade de chama laminar**

Essas características são de uso primário durante a avaliação de risco. Elas ajudam principalmente na compreensão da gravidade das consequências de um evento de ignição. Por exemplo, a quantidade de radiação térmica emitida e a força da onda de pressão causada pela explosão.

Consultar o Anexo 4 para uma explicação detalhada das características de inflamabilidade.

### 5.8.5 Vazamento de fluido frigorífico

Na realização de avaliação de riscos, é essencial garantir que as características de vazamento são bem conhecidas, de forma que possam ser representadas com precisão. Portanto a coleta de dados empíricos é um exercício vital. É importante buscar as seguintes informações:

- Parte do sistema onde surgem os vazamentos, e suas localizações;
- Razões para os vazamentos (corrosão, conexões mecânicas, vedações quebradas, etc.);
- Taxa de vazamento.

Tais informações devem ser coletadas a partir de uma amostra de equipamentos com a maior quantidade possível de unidades, a fim de alcançar um conjunto de dados suficientemente representativo. Além disso, detalhes adicionais devem ser registrados, como idade da instalação, condições ambientais locais, etc. Também é importante solicitar ao profissional de serviço e técnicos para registrarem o quanto de fluido frigorífico foi adicionado ao sistema, a fim de se obter uma boa estimativa do tamanho dos vazamentos.

É importante considerar que uma abordagem sistemática da análise de vazamento pode gerar benefícios, em termos de dados quantitativos confiáveis sobre vazamento e meios apropriados de mitigá-los. A Tabela 18 fornece alguns exemplos de possíveis causas de vazamento.

Para cada causa de vazamento, é importante entender as condições e mecanismos que levaram à ocorrência de tal vazamento. Também é importante considerar qual a chance de que eles ocorram no sistema e sob quais condições. Uma ferramenta importante para a realização de tal análise é o FTA (ver Parte 5.8.2). Mais tarde, quais as medidas que podem ser tomadas para evitar esses mecanismos e, assim, a ocorrência do

vazamento. Observe que diferentes tipos de falha se aplicam a alguns materiais de tubulação (como metal), mas raramente a outros (como cobre).

Tabela 18: Exemplos de causas de vazamento, taxa de desenvolvimento e prevenção

| Tipo de vazamento | Causa | Desenvolvimento | Prevenção |
|---|---|---|---|
| Avaria devido a uma ruptura forçada | Impacto mecânico de um objeto externo | Imediato | Proteger equipamento contra impacto externo, teste de queda |
| Corrosão localizada, corrosão nas rachaduras, corrosão galvânica | Presença de cloreto, metais de potenciais eletroquímicos diferentes ou imersos em eletrólitos diferentes | Devagar, gradual | Evitar combinações, contaminantes |
| Corrosão induzida microbiologicamente | Presença de certos micro-organismos | Devagar, gradual | Evitar ocorrência de umidade estagnada, proteger superfícies |
| Erosão - corrosão | Fluxo de alta velocidade, contendo particulados | Devagar, gradual | Reduzir velocidades e particulados |
| Tensão/tração – rachadura por corrosão | Alta tensão e tração dentro do tubo, flutuações na pressão/temperatura, presença de amônia e água | Gradual → imediato | Evitar combinação de condições |
| Rachadura por fadiga | Torção excessiva devido à taxa de vibração | Gradual → imediato | Projeto de tubulação adequado, teste de vibração |
| Fadiga térmica | Estratificação térmica, ciclagem, | Gradual → imediato | Projeto de tubulação adequado, teste de vibração |
| Ruptura por pressão, explosão | Pressão interna excessiva | Gradual → imediato | Projeto de tubulação adequado, seleção do material da tubulação, consideração de flutuações de temperatura |
| Aperto inadequado na instalação/montagem | Vibração, conexão mal feita | Imediato | Dispositivos limitadores de pressão/torque |
| Deformação da vedação elastomérica | Reação química com os materiais, alta absorção | Devagar, entre gradual e médio | Não usar conexões mecânicas ou usar conexões mecânicas apropriadas, não usar conexões roscadas |
| Fricção | Atrito repetitivo da superfície | Devagar, gradual | Verificar se há compatibilidade de material |
| Golpe de líquido | Formação de alta pressão devido ao fechamento instantâneo da válvula | Devagar, gradual | Evitar contato entre superfícies rígidas |
| | | | |

Todos os dados podem ser confrontados a fim de se desenvolver uma distribuição de tamanhos diferentes de vazamentos para um conjunto específico de equipamentos. Assim, para cada tamanho nominal e gradual de vazamento, sua frequência e sua consequência podem ser avaliadas. Um exemplo de tal conjunto de dados é fornecido pela Figura 50.

Figura 50: Exemplo de uma distribuição de tamanhos de vazamentos para um conjunto de sistemas, nos quais grandes vazamentos não são frequentes, mas pequenos vazamentos são muito mais frequentes

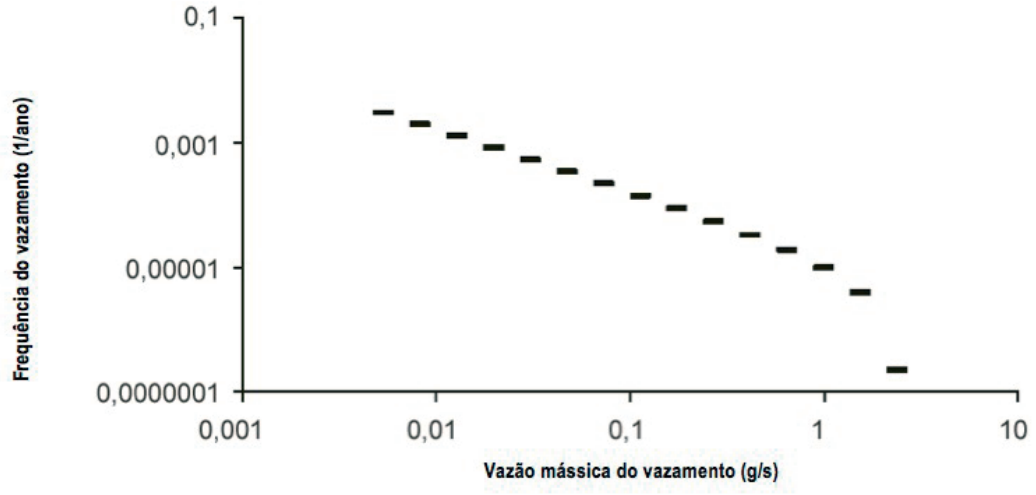
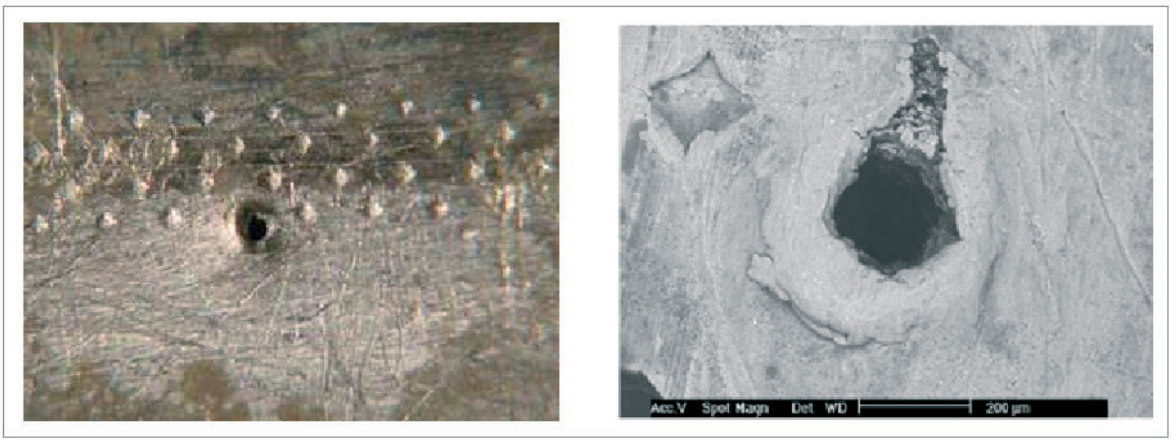
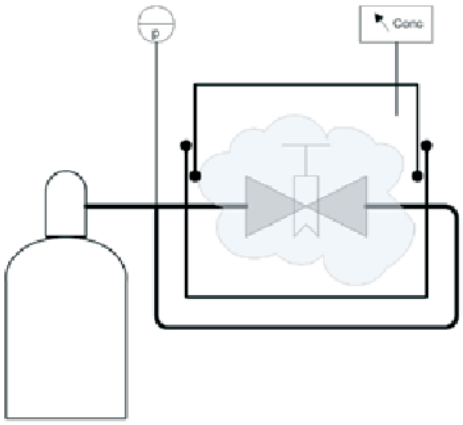



Figura 51: Exemplo de orifícios de vazamento de fluido frigorífico por corrosão



Outro meio de avaliar o tamanho do vazamento é colocar o componente que está vazando dentro de um contêiner hermeticamente fechado. E, posteriormente, injetar gás dentro do componente que está com vazamento, e, então, após certo período de tempo podem ser medidas a concentração de gás dentro do contêiner e a quantidade de massa de fluido que foi adicionada no componente e que estava em um cilindro de gás. Usando uma balança de massa, a taxa de vazamento para um dado diferencial de pressão (de uma determinada substância) pode ser estimada. Um exemplo do tipo de método que pode ser usado está ilustrado na Figura 52.

Figura 52: Método de medição da taxa de vazamento de um componente, conexão ou outro elemento




Como parte do processo de avaliação de vazamento, também é importante avaliar exatamente quanto de fluido frigorífico permanece no sistema depois que o vazamento termina, ou seja, quanto de fluido frigorífico realmente vazou, em vez de qual a quantidade de carga que foi adicionada no sistema. Normalmente, alguma quantidade de fluido frigorífico permanece no sistema, às vezes absorvido no óleo do compressor, e também o quanto é retido no volume interno do sistema sob pressão atmosférica. Isso pode ser feito experimentalmente, pesando o sistema antes e após um vazamento, ou estimando os valores a partir de cálculos do volume interno e da massa, e da solubilidade do fluido frigorífico dentro do óleo compressor.

A quantidade de fluido frigorífico retida pode variar tipicamente de 5% a 50%, dependendo do tamanho e geometria do sistema, do modo de operação e das condições de operação, do tipo de óleo, etc.

### 5.8.6 Dispersão de vazamentos de fluido frigorífico

Uma vez que um vazamento tenha ocorrido, o risco se torna uma função do comportamento do gás em relação ao ambiente local. O vazamento pode originar principalmente de uma parte que contenha fluido frigorífico, localizada no lado de fora do local de confinamento do equipamento de refrigeração, ou de uma parte localizada dentro desse local. Se o vazamento ocorrer dentro desse local, então ele pode ser rapidamente transferido para fora do equipamento, ou pode se acumular dentro dele. Por exemplo, se as condições são tais que o fluido frigorífico que sai do orifício de vazamento é imediatamente misturado com o ar do entorno de dentro de um local muito grande, então a quantidade de material inflamável será muito pequena, e muito improvavelmente entrará em contato com a fonte de ignição. Por outro lado, se o vazamento de fluido frigorífico entrar em um espaço relativamente pequeno com movimento de ar mínimo, então, devido a sua intensidade maior que a do ar, ele pode se acumular e persistir por um período maior de tempo dentro de seus limites inflamáveis. Quanto maior essa "nuvem" e mais tempo ela durar, maior a chance de que entre em contato com uma fonte de ignição ativada.

As Figuras 53 e 54 ilustram esse conceito de formação de uma região inflamável proveniente de um vazamento dentro de uma sala, e dentro do gabinete do equipamento (ou mesmo sala de máquinas), respectivamente; a região inflamável é o volume da mistura de gás/ar que esteja em uma concentração entre o LII e LSI.

Figura 53: Ilustração da região inflamável após um vazamento de fluido frigorífico de um evaporador dentro de uma sala

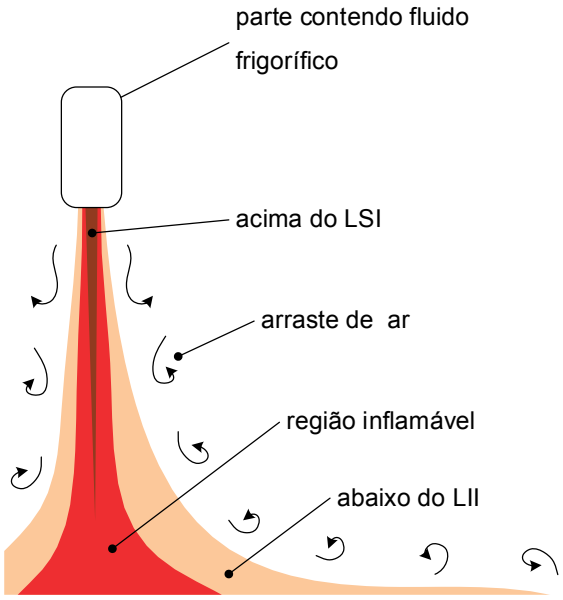
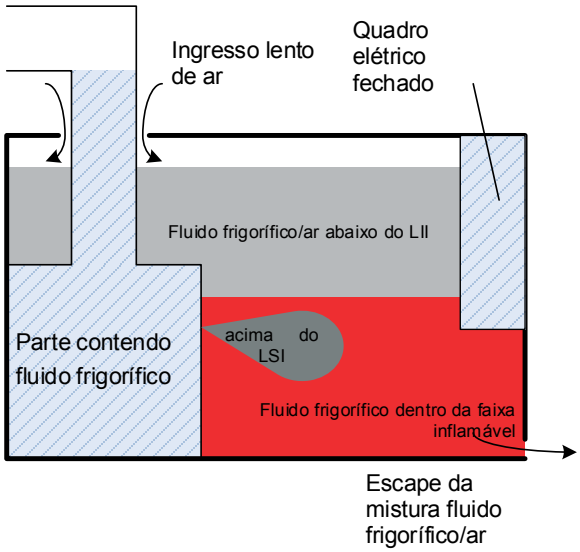



Figura 54: Ilustração da região inflamável após um vazamento de fluido frigorífico dentro do gabinete do equipamento e o escape gradual da mistura




A fim de estimar a quantidade e concentrações do fluido frigorífico que tenha vazado e que possa estar dentro da sua faixa inflamável, é importante caracterizar como se deve dispersar esse vazamento. Um meio de avaliar esse processo complexo de dispersão é observando o desenvolvimento das concentrações sobre o chão. Compreender os vários parâmetros físicos que afetam a dispersão do vazamento é importante tanto para a realização da análise de riscos quanto para o desenvolvimento de características de projeto do equipamento de RAC. Assim, a seguir são elaborados alguns dos aspectos selecionados que afetam a dispersão de um vazamento. (O Anexo 5 contém um conjunto de correlações para o cálculo das concentrações médias sobre o chão baseado em uma faixa condições.)

**Taxa de vazamento**

Normalmente, quanto maior a taxa de fluxo de vazamento, maior serão as concentrações de gás, já que uma grande quantidade vaza em um curto período de tempo, dando a ele menos tempo para se dispensar, antes que a região seja preenchida com mais gás. Para uma carga finita, a vazão mássica do fluido frigorífico (supostamente constante) é que determina o tempo de vazamento, o qual implica que quanto menor o tempo de vazamento da carga total maiores serão as concentrações de gás no local.

O tempo mínimo de vazamento geralmente está associado ao rompimento (ou rachadura) completo de um tubo de refrigeração, de tal forma que o compressor bombeia todo o fluido frigorífico para fora em uma questão de minutos. O tempo real para que isso ocorra depende, é claro, do tamanho da carga, deslocamento do compressor, dimensões do componente, etc. Contudo, sob condições reais, é provável que uma perda fluido frigorífico interrompa o funcionamento do compressor diminuindo assim a taxa de vazamento. Além disso, pode haver a dissolução do óleo do compressor, redução da pressão interna devido à rápida vaporização do fluido frigorífico, restrições internas como dispositivos de expansão e outras válvulas, etc. Experimentos revelam que para sistemas menores o menor tempo de vazamento possível é de aproximadamente três minutos ou um pouco mais; e, para sistemas maiores, esse tempo é evidentemente mais longo. Na realidade, os vazamentos ocorrem com durações muito variáveis, ou seja, podem durar minutos, dias, semanas ou até mais tempo.

A Figura 55 mostra a concentração máxima sobre o chão para um vazamento de R290, considerando um vazamento de uma carga completa do fluido frigorífico associado com diferentes tempos de duração. Em

geral, parece que quanto maior o tempo de duração do vazamento (ou quanto menor for a vazão mássica), menor será a máxima concentração sobre o chão. É claro que, na maioria das causas de vazamento, é improvável que um vazamento com uma alta vazão mássica ocorra imediatamente; pois a maioria dos vazamentos começa pequeno e com o passar do tempo tornam-se grandes.

**Velocidade do vazamento**

Tipicamente, uma velocidade de vazamento maior favorece a mistura do fluido frigorífico que vazou para dentro de um espaço. Em geral, um vazamento de um circuito de fluido frigorífico estará com uma velocidade bastante alta, devido à grande diferença de pressão. Contudo, em alguns casos o vazamento pode colidir com a superfície interior de um gabinete fazendo com a liberação para dentro da sala possua uma força desprezível. Exemplos disso incluem vazamentos dentro de um compartimento refrigerado ou dentro de um invólucro de uma UTA (Unidade de Tratamento de Ar).

Os vazamentos podem estar em fase de vapor ou em fase misturada (uma vez que expande na pressão e temperatura atmosférica). Os vazamentos em fase de vapor são considerados como o pior caso já que em vazamentos de duas fases, é esperado que se produza uma mistura mais favorável, considerando que o líquido rapidamente se espalha dentro da sala criando uma mistura de grandes proporções.

**Direção, altura e localização do vazamento**

A direção e a orientação de um vazamento estão fortemente relacionadas com as concentrações sobre o chão. Evidentemente, os vazamentos direcionados para o chão proporcionam maiores concentrações sobre o chão que os vazamentos direcionados para cima os quais proporcionam concentrações muito mais baixas. O efeito da orientação se torna pouco relevante no caso de vazamentos de velocidades muito baixas, já que a força da pluma é muito pequena se comparada às forças de flutuação.

A concentração média dentro de uma pluma de gás proveniente de vazamento também reduz com a distância da fonte, o que é refletido nas concentrações sobre o chão. A Figura 56 mostra o quão sensível são as concentrações máximas sobre o chão em relação à altura do vazamento. Dado que as partes do equipamento de RAC, que contêm fluido frigorífico, variam bastante em relação as suas alturas, portanto, é importante considerar os efeitos dos vazamentos a partir de diferentes alturas.

Figura 55: Concentração máxima sobre o chão após o vazamento de uma determinada quantidade de R290 em uma sala de 25 m² com tempos diferentes de vazamento

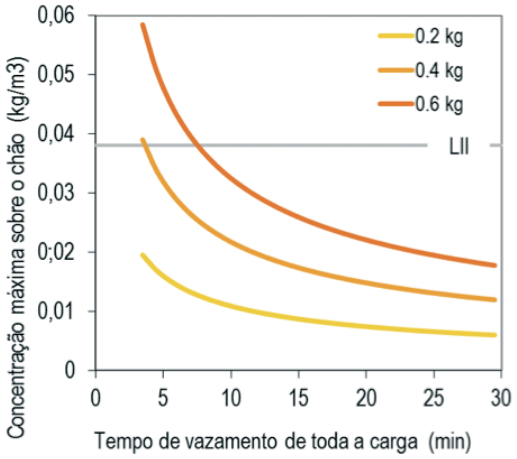
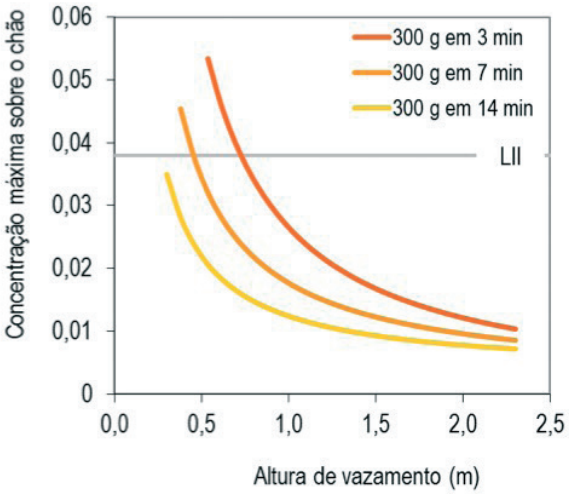



Figura 56: Concentração máxima sobre o chão após o vazamento de 300 g em uma sala de 25 m² para alturas e tempos diferentes de vazamento



### Tamanho da sala

Normalmente, o tamanho da área da sala e o seu volume irão afetar as concentrações provenientes de um vazamento. Como esperado, para uma determinada massa proveniente de um vazamento, as concentrações sobre chão reduzem à medida que o tamanho da sala aumenta, como mostra a Figura 57. Contudo, se uma massa proporcional ao volume da sala vazar (por exemplo, baseado uma quantidade fixa de massa dividida pelo volume da sala em $m^3$), então, a concentração máxima sobre o chão máxima pode ser maior, como mostra a Figura 58. Isso acontece por causa do tempo adicional necessário para que o fluido frigorífico se movimente dentro da sala. É observado também que se houver algum fluxo de ar dentro da sala, a taxa de crescimento da concentração sobre o chão diminui se o tamanho da sala for maior. Em termos de geometria da sala, vários estudos descobriram que a forma da sala e a altura do teto tiveram uma influência insignificante nas concentrações sobre chão principalmente em um ambiente estagnado.

Figura 57: Concentração máxima sobre o chão para um vazamento de 0,5 kg dentro de uma sala entre um período de 7 minutos sem nenhum fluxo de ar dentro da sala

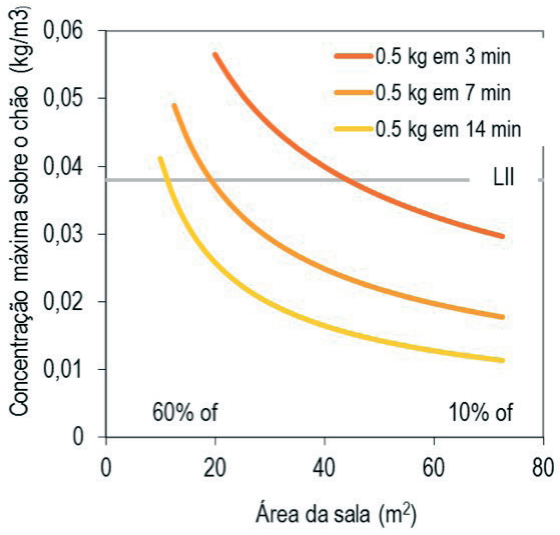
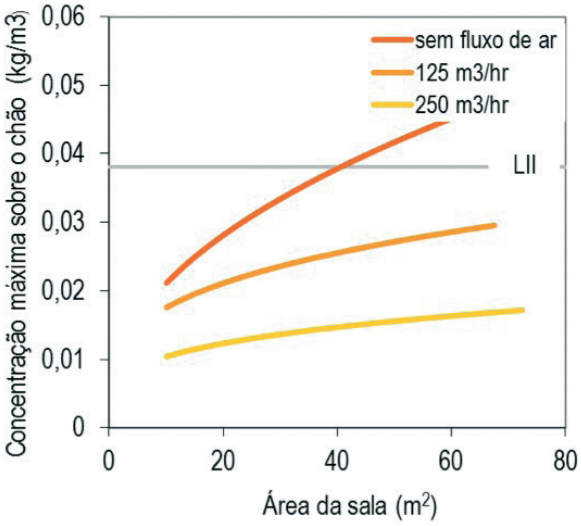



Figura 58: Concentração máxima sobre o chão para um vazamento dentro de uma sala com uma massa correspondente a 8 $g/m^3$ entre um período de 7 minutos, com e sem fluxo de ar




### Superfície do chão e obstáculos

Normalmente, uma textura de chão mais áspera proporcionará uma condição mais desfavorável e, consequentemente, concentrações mais altas por causa da maior resistência de fricção à movimentação da "nuvem" de gás sobre a superfície. Sendo assim, carpetes espessos tendem a ser mais perigosos que azulejos lisos, por exemplo. No caso dos obstáculos dentro da sala, sabe-se que eles geralmente não inibem a mistura, exceto em certas ocasiões onde são criados canais ou quando há uma barreira ao nível do chão.

### Movimentação do ar

A movimentação do ar tem uma grande influência na dispersão de um vazamento. Primeiramente, a movimentação do ar é gerada pela migração do gás dentro da sala em direção ao piso dessa sala, que também pode ser criado por infiltração, fluxo de ar forçado e fontes térmicas. Considerando que o equipamento de RAC normalmente utiliza um ventilador para descarregar o ar do evaporador ou do condensador em uma sala, é importante considerar os seus efeitos na dispersão, bem como o de exaustão outras fontes de exaustão e ventilação.

Sabe-se que as taxas de infiltração dentro das salas podem variar bastante dependendo da construção do local e de condições ambientais externas, pois normalmente essas variações podem ser tão baixas como trocas

de ar de 0,5 $h^{-1}$, mas também podem passar de 10 $h^{-1}$. As medidas têm mostrado que até mesmo as taxas de infiltração menores, menos que 0,5 $h^{-1}$, influenciam nas concentrações sobre o chão.

Convecção termicamente induzida a de superfícies quentes também podem proporcionar misturas de ar significativas, diminuindo assim as concentrações sobre o chão. Tais fontes térmicas podem incluir transferência térmica através das paredes, geração de calor de um ocupante humano (ou animal), geração de calor de radiadores ou outros aquecedores similares e eletrodomésticos.

A velocidade do ar na sala tem uma forte influência na mistura de um vazamento dentro dessa sala. Geralmente, quanto maior for a velocidade do ar, menor serão as concentrações (assumindo que todos os outros parâmetros sejam constantes). Além disso, sabe-se que uma vez que uma velocidade crítica de ar é atingida, então, irá ocorrer uma mistura essencialmente homogênea, evitando qualquer possibilidade de estratificação do vazamento de fluido frigorífico, conforme mostrado na Figura 59 para duas quantidades diferentes de vazamento. Nos casos de fluxo de ar de unidades de RAC, a velocidade de descarga do duto de ar influencia diretamente na velocidade do ar dentro sala. A Figura 60 mostra como uma menor área de duto proporciona uma melhor mistura, apesar de ter a mesma vazão de ar.

Figura 59: Efeito da velocidade de ar média na sala de um vazamento em uma sala de 25 m2. Para uma velocidade de ar suficientemente alta, a concentração máxima é a mesma que a concentração média sobre o chão

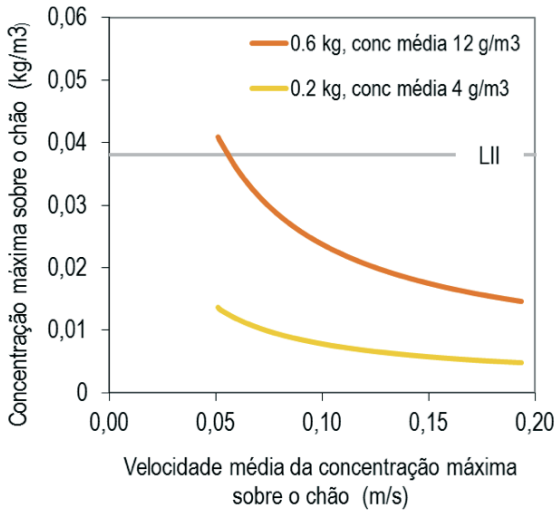
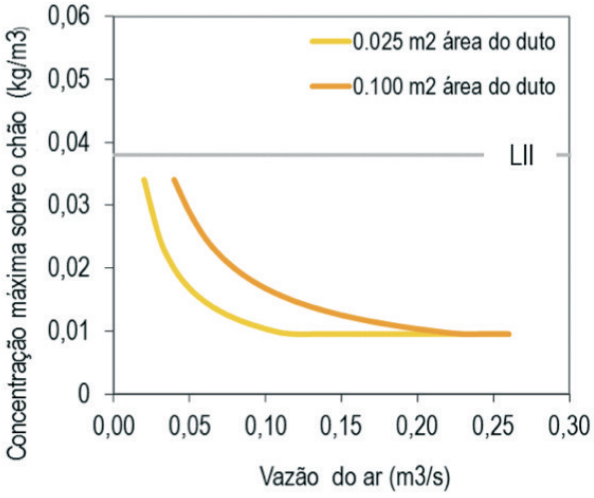



Figura 60: Efeito da área do duto de saída do ar em relação a concentração sobre o chão de um vazamento de 0,5 kg em 7 min dentro de uma sala de 25 m2. Uma menor área de duto proporciona uma velocidade mais alta que consequentemente cria uma melhor mistura




O posicionamento da fonte de descarga do fluxo de ar, como o ventilador ou o duto, também pode influenciar a mistura do fluido frigorífico. Além disso, a altura da entrada de ventilação e da saída são fatores críticos para obter-se a mistura, principalmente com relação à posição da fonte de vazamento. A altura do ventilador é considerada uma variável muito importante já que ela pode variar bastante dependendo do tipo do equipamento de RAC. A Figura 61 ilustra a influência da variação dessa altura na concentração sobre o chão – quando não há fluxo de ar, quanto mais perto o vazamento estiver do chão, maior será a concentração. Contudo, se houver fluxo de ar, e a descarga do duto estiver aproximadamente na mesma posição que o vazamento, a altura terá pouca influência na concentração. Se a altura do duto estiver fixa em um nível alto, a presença de fluxo de ar faz com que a concentração sobre o chão seja reduzida, mas continua a aumentar conforme a posição do vazamento aproxima-se do chão.

Tendências similares se aplicam à direção da descarga de fluxo de ar; embora a maioria das unidades condensadoras descarregam o ar em uma única direção, há também muitas saídas de duto que possuem uma

ventilação de descarga multidirecional. Assim como a altura da descarga, a direção do fluxo de ar em relação à direção do vazamento é um fator significante na formação da mistura.

### Tipo de fluido frigorífico

Alguns HCs são comumente usados em sistemas de refrigeração e de ar condicionado: R290, R600a e R1270, e algumas misturas destes. Cada um possui uma densidade um pouco diferente e, portanto, irão exibir características de dispersão também um pouco diferentes. A Figura 62 compara a concentração sobre o chão para esses três fluidos frigoríficos ao longo de uma faixa de vazões de ar. É observado que enquanto os R290 e R1270 comportam-se de maneira parecida, o R600a tende a fornecer concentrações notavelmente maiores. A densidade do vapor de R600a à pressão e temperatura atmosféricas é cerca de 40% maior que a do R290 e R1270 e, portanto, tem a tendência de descer em direção ao chão mais rápido e está menos suscetível aos efeitos de movimentação do ar ao seu redor.

### Vazamentos em lugares fechados e pequenos

A Figura 54 ilustra uma situação um pouco diferente, onde um vazamento ocorre dentro do gabinete do equipamento de refrigeração. Devido ao nível de confinamento, apenas uma quantidade relativamente pequena de fluido frigorífico pode sair desse local, portanto, rapidamente desenvolve-se uma concentração inflamável, e ali permanece por uma longa duração. O pequeno volume do gabinete estimula uma alta concentração de mistura homogênea de fluido frigorífico e ar, assim, com o ingresso contínuo de ar, é possível que uma concentração inflamável esteja sempre presente. Nesse tipo de situação, é importante garantir que haja um fluxo de ar dentro do gabinete o mais livre possível, o qual certamente necessitará de uma ventilação mecânica. De fato, essa situação é comparável ao caso de uma sala de máquinas, onde quantidades grandes de fluidos frigoríficos (em relação ao tamanho da sala) podem vazar para dentro da sala.

Figura 61: Efeito da altura do vazamento em relação à altura da descarga de ar, quando o duto está na mesma altura do vazamento, e quando a altura do duto é fixa

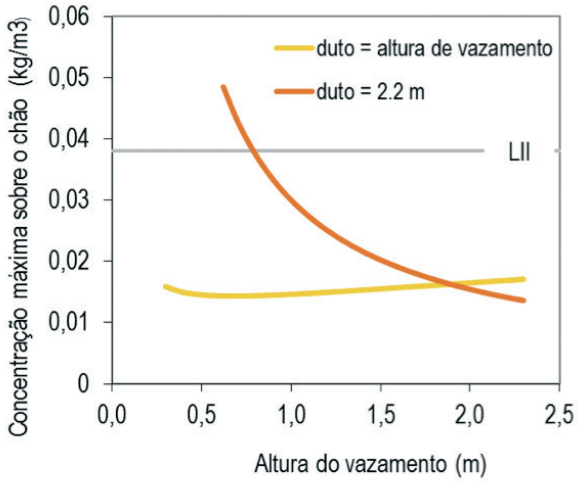
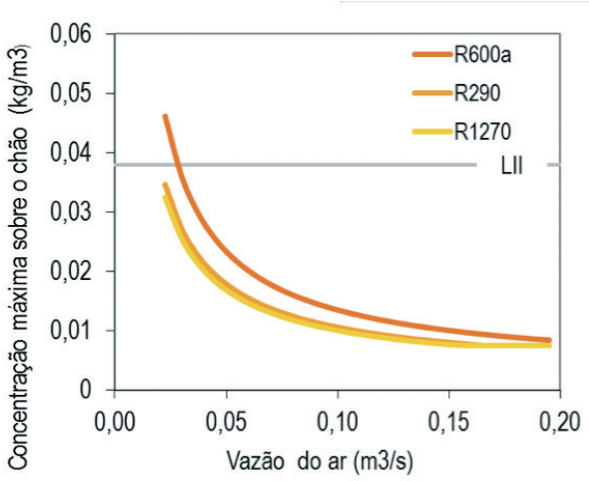


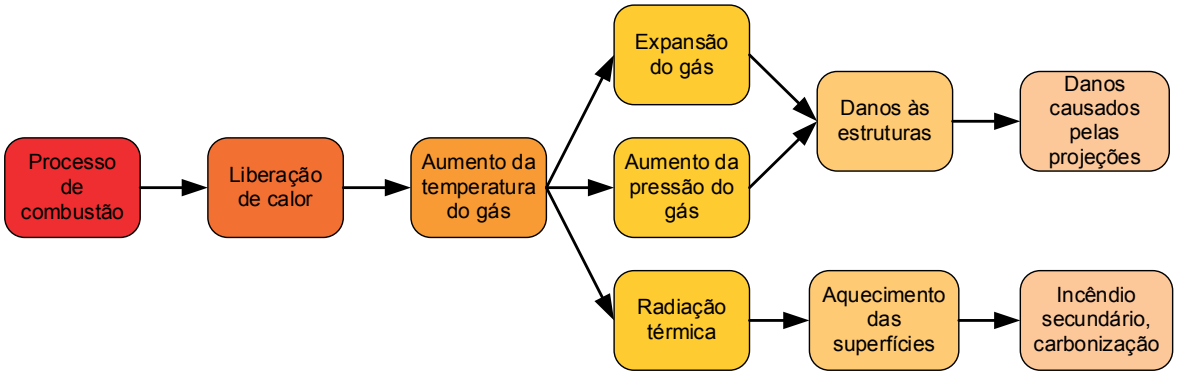

Figura 62: Variação na concentração sobre o chão para diferentes fluidos frigoríficos HC, em relação a uma faixa de vazão de ar




## 5.8.7 Consequências da ignição

Uma vez que o fluido frigorífico tenha vazado do sistema e formado uma mistura inflamável, é importante entender as possíveis consequências de sua ignição. A consequência pode ser percebida como uma alteração na distribuição da energia liberada após o processo de combustão. O fluxograma na Figura 63 ilustra os tipos de processos que ocorrem para que se resulte em uma consequência.

Figura 63: Processo de combustão levando às consequências




As consequências da ignição têm duas categorias: uma consequência primária que descreve os eventos que ocorrem como resultado direto da ignição (por exemplo, aumento de pressão e radiação térmica) e uma consequência secundária, que são os eventos causados pela consequência primária (por exemplo, danos às construções e incêndios secundários).

A gravidade das consequências está relacionada, principalmente, à quantidade inicial de calor liberado no processo de combustão, mas é afetada também pelo ambiente no qual ocorreu o processo de combustão. Por exemplo, no caso do R290, a ignição de uma mistura estequiométrica irá resultar em uma temperatura de chama de cerca de 2000 ºC (ou seja, aproximando-se da temperatura de chama adiabática, Tabela 24). Se isso ocorrer no interior e as áreas próximas forem razoavelmente combustíveis, pode ocorrer um incêndio secundário, enquanto que se isso ocorrer no exterior em materiais não combustíveis, a consequência secundária deve ser mínima.

As duas formas de consequência que devem ser tratadas são a intensidade de radiação térmica (I), que pode ser usada para quantificar os graus de queimaduras em pessoas (ou chance de incêndio secundário), e sobrepressão ($\Delta p^o$) que causa dano às estruturas do prédio e lesão às pessoas. Um resultado de uma alta (I) e/ou $\Delta p^o$ inclui danos às construções, ao que estiver em seu interior, lesões às pessoas e fatalidades. (Com relação a um jato ou pluma "em chamas", as suas velocidades são algumas vezes maiores que a velocidade da chama e é, então, improvável que uma combustão seja sustentada.)

O I necessário para uma ignição súbita generalizada (ou seja, levando a um incêndio secundário) varia, consideravelmente, com os materiais da construção e dos móveis. Os dados mostram que as ignições súbitas generalizadas ocorrem em um intervalo de I = 125 – 4100 s $(kWm^{-2})^{4/3}$, incluindo diferentes espumas de isolamento, materiais baseados em madeira e gipsita (gesso). Outros materiais facilmente combustíveis como papeis e cabelos podem entrar em combustão até mesmo com valores de "I" menores.

**Radiação térmica**

Quando uma substância inflamável entra em combustão, a energia de calor é parcialmente considerada como radiação térmica. Uma "dose" de radiação térmica pode ser suficiente para causar queimaduras em pessoas próximas. A gravidade das queimaduras é uma função do fluxo de calor e de sua duração, e essa dose é chamada de intensidade de radiação térmica, e é uma função do fluxo de calor de uma combustão e da duração da presença de uma fonte de calor (por exemplo, o tempo de combustão). O fluxo de calor irradiado para um ocupante ($q_{OCC}$, em kW $m^{-2}$) é uma função do total de calor liberado (o produto da massa de um material inflamável e seu calor de combustão), do tempo de queima, e de uma taxa de incidência que depende do tamanho e forma do volume inflamável.

Para um valor aproximado de $I_{OCC}$ = 115 s $(kW\ m^{-2})^{4/3}$ a pessoa sentirá dor em sua pele exposta, tornando-se cada vez mais forte com o aumento de $I_{OCC}$. Para um valor acima de $I_{OCC}$ = 1050 s $(kW\ m^{-2})^{4/3}$ pode-se esperar fatalidades, e morte é praticamente garantida com 6500 s $(kW\ m^{-2})^{4/3}$.

**Sobrepressão**

Quando uma mistura inflamável entra em ignição, a reação exotérmica aumenta a temperatura dos produtos em combustão, proporcionando um aumento de pressão e/ou volume. Sob condições ideais, nas quais a ignição está no centro da mistura estequiométrica esférica, o máximo de pressão ou volume pode ser determinado, confiavelmente, a partir da lei dos gases. Baseada na temperatura inicial (ambiente) do volume inflamável, e a temperatura de chama adiabática máxima, a pressão máxima que pode ser atingida é aproximadamente sete vezes a pressão atmosférica, assumindo um volume confinado (fixo) completamente preenchido pela mistura. Por outro lado, caso a mistura inflamável esteja em um volume não confinado (ou seja, pressão constante) o seu volume após a combustão pode ser aproximadamente sete vezes o volume inicial da mistura inflamável. Para a maioria das situações sob consideração, o material inflamável está dentro de um espaço parcialmente confinado e ocupa apenas parte daquele espaço. Isso implica tanto num aumento de pressão quanto numa alteração volumétrica da mistura em combustão dentro da sala. Como resultado, a sobrepressão dentro da sala ($\Delta p^{o}_{RM}$) será menos que sete vezes a pressão atmosférica.

A pressão e/ou volume de uma mistura inflamável aumenta exponencialmente após a ignição, até que seja atingida uma pressão máxima ($p_{MAX}$), e esse desenvolvimento de $\Delta p$ ao longo do tempo (t) após a ignição segue a "lei do cubo". A taxa de propagação na frente da chama, sob condições ideais, está a uma velocidade que corresponde à velocidade de chama laminar (cerca de 0,4 m/s para HCs, ver Tabela 24). Contudo, a influência da geometria da sala, dos obstáculos e da movimentação do ar cria uma turbulência que acelera ainda mais a frente da chama. Baseado em experimentos em salas consideravelmente vazias, isso corresponde a um aumento de cerca de três vezes a velocidade de chama laminar.

A maioria das salas e lugares fechados não são completamente vedados, e a maioria dos espaços ocupados possuem passagens entre a estrutura da sala os quais permitem o fluxo de ar e, consequentemente, o alívio de pressão. Conforme $\Delta p^{o}_{RM}$ aumenta, o material pode ser exalado para fora da sala, e isso ocorre em dois estágios. Inicialmente, quaisquer aberturas como vãos na estrutura da sala, dutos de ventilação, etc., permitem a passagem de gases em altas pressões para fora da sala. Em segundo lugar, certas barreiras que constituem a construção da sala podem eventualmente ceder a um dado $\Delta p^{o}_{RM}$, aumentando assim a área de ventilação. Em ambos os casos, o material exalado proporcionará uma diminuição na velocidade em que a pressão aumenta. A sobrepressão na qual painéis, janelas e outros itens são arremessados para fora é uma função de sua massa (inércia), tamanho e força das fixações.

Quatro exemplos de desenvolvimento de $\Delta p^{o}_{RM}$ ao longo do tempo são dados na Figura 64, que foram baseados em uma mistura inflamável de R290 em uma sala de 40 $m^2$ x 3 m. O maior valor é, sem dúvida, o valor de $\Delta p^{o}_{RM}$ para uma sala inteiramente confinada que é inteiramente preenchida (120 $m^3$) com uma mistura estequiométrica. Ao introduzir uma veneziana de ventilação (equivalente a 5% ou ao total da área da parede), há uma grande redução em $\Delta p^{o}_{RM}$ conforme a pressão em excesso é rapidamente reduzida (observando também que o tempo de queima é reduzido, porque uma parte do material inflamável foi exalada antes de ser queimada). Uma situação mais realista ocorre no local da sala que contém uma camada inflamável de profundidade de 0,5 m (ou 24 $m^3$ a uma concentração entre LII e estequiométrica), e quando entra em combustão ocasiona um $\Delta p^{o}_{RM}$ proporcionalmente menor, que quando a sala está completamente inflamável. Novamente, ao introduzir uma ventilação o $\Delta p^{o}_{RM}$ será ainda mais reduzido.

A Figura 65 oferece exemplos do desenvolvimento de sobrepressão a partir de diferentes características relacionadas ao projeto de gabinete de equipamento. Assume-se que o fluido frigorífico tenha vazado para uma proteção de metal rígida que é preenchida pela metade com uma mistura de gás estequiométrico/ar (isso também pode ser análogo para uma sala de máquinas). As simulações para as quatro situações são apresentadas conforme abaixo:

- Gabinete com 0,5% da área da parede da proteção de metal aberta;
- Gabinete com 10% da área da parede da proteção de metal aberta;
- Gabinete com um painel de aço cobrindo 15% da área da parede;
- Gabinete com um painel de plástico cobrindo 15% da área da parede.

Figura 64: Exemplos de desenvolvimento de sobrepressão da sala sob diferentes situações

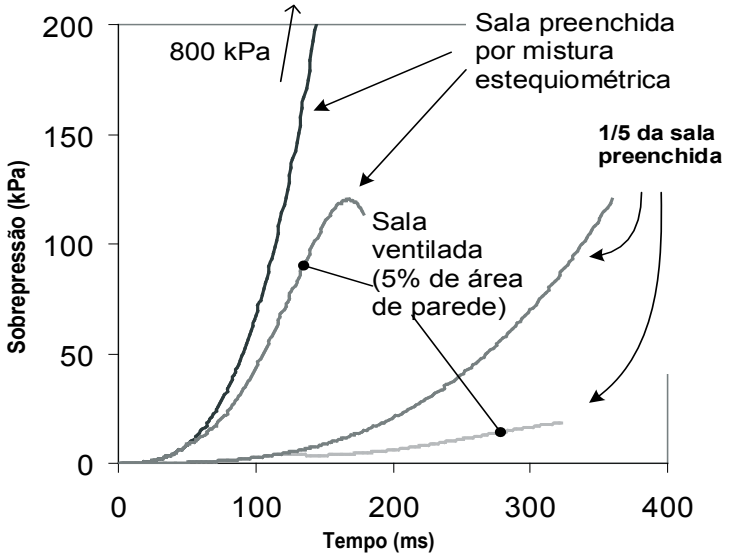
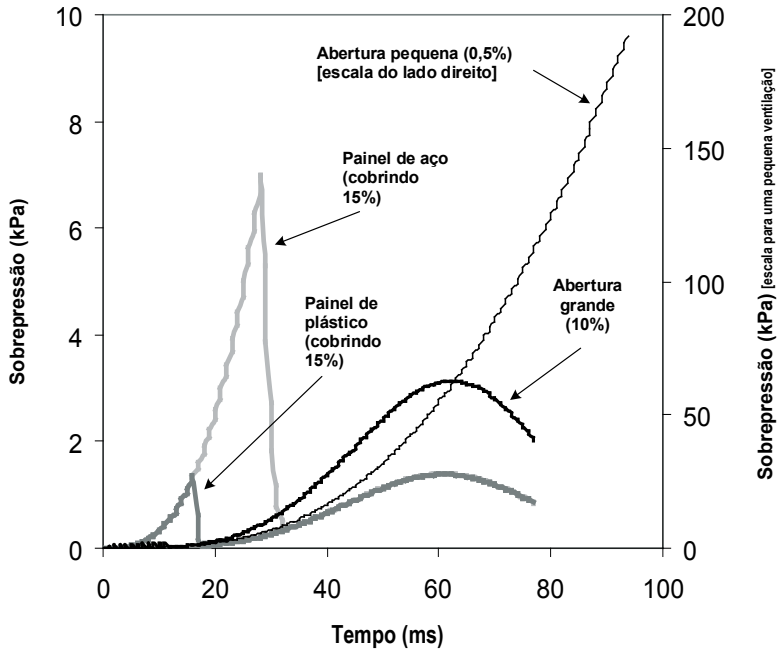



Figura 65: Exemplos de desenvolvimento de sobrepressão do compartimento com construções diferentes




Pode ser observado que com uma abertura muito pequena, os efeitos da ignição podem resultar em uma sobrepressão significativa (aproximadamente 200 kPa), com a possibilidade da onda de choque resultante causar danos relevantes à materiais. Contudo, se a abertura for significativamente maior (por exemplo, 10% da área da superfície do gabinete, neste caso), então, o aumento de pressão é rapidamente exalado, e a sobrepressão resultante é algo em torno de 100 vezes menos que no caso anterior. O uso de painéis destacáveis tem um efeito similar, embora neste caso há uma tendência de ocorrer um pico inicial de pressão que seja suficiente para romper suas fixações. Contudo, a sobrepressão resultante é drasticamente reduzida se comparada com uma pequena abertura de ventilação, e seria bastante improvável resultar em dano secundário.

Esse exemplo enfatiza a importância de um projeto apropriado do gabinete do equipamento. Se houver um alívio de pressão dentro do gabinete, uma onda de choque irá deslocar-se para fora. Essa onda de pressão terá uma queda exponencial a partir de sua fonte, e a taxa de queda é apenas uma função da sobrepressão dessa fonte. Contudo, dentro do espaço fechado, a onda de choque será refletida (mas amortecida), e ainda poderá danificar a estrutura da construção.

Para identificar a gravidade, considere que qualquer $\Delta p^{o}_{RM}$ abaixo de aproximadamente 3 kPa será improvável de causar qualquer dano físico a pessoas ou aos materiais. Pessoas expostas à sobrepressão acima de aproximadamente 250 kPa podem começar a sofrer fatalidades. Conforme o $\Delta p^{o}_{RM}$ aproxima-se de 450 kPa, a morte é quase garantida.

# PARTE 6: OPERAÇÃO E INSTALAÇÃO DE SISTEMAS E EQUIPAMENTOS

## 6.1 ATIVIDADES REALIZADAS PELOS TÉCNICOS E MANUSEIO DE FLUIDOS FRIGORÍFICOS

### 6.1.1 Introdução

Essa seção lida principalmente com questões encontradas por técnicos que realizam diversos tipos de serviços em sistemas e equipamentos que usam fluidos frigoríficos HCs. Primariamente, isso envolve aspectos relacionados ao manuseio de fluidos frigoríficos, mas também a verificação de que a área e o equipamento estão seguros para o uso de HCs e que os cilindros de fluido frigorífico são manuseados adequadamente.

Estudos sobre fluidos frigoríficos inflamáveis têm demonstrado que o risco de incêndio ou explosões é maior quando se está realizando alguma atividade nos sistemas, do que quando eles estão operando normalmente, e isso ocorre porque a possibilidade de vazamento de fluido frigorífico e a presença de fontes potenciais de ignição são maiores. Logo o risco de ignição é normalmente 100 – 1000 vezes maior do que quando o equipamento não está sujeito à interferência humana. Isso destaca a importância de se ter apenas técnicos competentes trabalhando em tais sistemas, e que é essencial seguir adequadamente os procedimentos para realizar um trabalho com segurança.

Os principais estágios da vida do equipamento de RAC, que necessitam de manuseio de fluidos frigoríficos, incluem o seguinte:

- Montagem e instalação do sistema e dos equipamentos;
- Realização de manutenção de rotina em sistemas e equipamentos;
- Realização de serviços e reparo nos sistemas e equipamentos;
- Descomissionamento, desmontagem e descarte dos sistemas e equipamentos.

Durante esses estágios, são normalmente realizadas diversas atividades específicas que envolvem tanto o manuseio de fluidos frigoríficos diretamente, ou a possibilidade de contato com uma emissão de fluido frigorífico. Essas atividades incluem, por exemplo, recolhimento ou exaustão de fluidos frigoríficos, evacuação, verificação de vazamento e detecção de gás, carga de gás e manuseio de cilindros em geral. Por outro lado, existem também certas atividades que não se relacionam diretamente com o fluido frigorífico, mas que são igualmente importantes já que também contribuem para a segurança do sistema no evento de um vazamento acidental ou realização de advertência a outros, tais como a vedação adequada dos sistemas, reparos em componentes elétricos e sinalização dos sistemas.

Enquanto os requerimentos detalhados a partir daqui podem parecer consideravelmente mais dispendiosos que quando são usados fluidos frigoríficos que não sejam HCs, de fato, a maioria dos requisitos são idênticos, tanto para fluidos frigoríficos inflamáveis quanto não inflamáveis. Contudo, a diferença principal é a importância de seguir as seguintes regras com precisão para fins de segurança. Portanto, além de possuirem o conhecimento específico relacionado a fluidos frigoríficos HCs, os técnicos também devem conhecer a tecnologia de sistemas de RAC em geral e devem ser totalmente competentes em manusear os fluidos frigoríficos não inflamáveis com segurança.

Alguns riscos aplicam-se a todos os fluidos frigoríficos, independentemente do seu tipo. Os riscos mais comuns são:

- O vazamento de gases e líquidos sob pressão para um local sob condições atmosféricas podem causar queimaduras por congelamento (similar a uma lesão produzida pelo frio), se entrar em contato com a pele. Portanto, a proteção pessoal adequada (tal como óculos, luvas e roupas de corpo inteiro) deve ser usada. Se a pele entrar em contato com o fluido frigorífico sob essas condições, como primeiro socorro trate a área afetada banhando-a com água fria, e em seguida procure um médico para uma consulta.
- Os fluidos frigoríficos provenientes de vazamento deslocarão o ar na parte inferior da sala, apresentando, portanto, uma ameaça de asfixia e causando sufocamento para os ocupantes, ou outros efeitos tóxicos. Assim, é necessária ventilação e o técnico deve estar atento quanto às ações necessárias a serem tomadas neste caso. Em caso de tais acidentes, a pessoa deve ser removida para uma área não contaminada e mantida aquecida e estática, e, se necessário, deve ser dada a ela respiração artificial ou oxigênio e deve-se buscar ajuda médica se necessário.

Além disso, é difícil antecipar todas as possibilidades e situações, então, é essencial estar atento, pois os requisitos aqui não são exaustivos, e devem ser tomados apenas como uma orientação geral. Precauções adicionais podem ser apropriadas dependendo do equipamento e de condições específicas.

Embora seja o técnico que realizará o serviço no sistema, e que vai manusear o fluido frigorífico, o empregador, o proprietário e o operador das instalações também têm obrigações primordiais. Na maioria dos países, isso é uma responsabilidade legal.

Principalmente o empregador/proprietário/operador deve ser responsável pelo seguinte:

- Garantir que todo equipamento e materiais usados pelos técnicos estão aptos para o seu propósito e estão em condições aceitáveis;
- Garantir que as condições de trabalho sejam satisfatórias, principalmente, iluminação adequada, boa acessibilidade, etc.;
- Garantir que os procedimentos/instruções de trabalho estão disponíveis para cada processo a ser realizado pelo técnico;
- Garantir que a pessoa enviada para realizar uma determinada atividade é competente para fazê-la, e, caso não seja, então que um supervisor de nível de competência necessário esteja sempre presente;
- Garantir que uma estratégia geral seja implementada de forma que as práticas de trabalho corretas sejam adotadas.

Por último, todas as partes – tanto os técnicos como o empregador, instalações proprietário e os operadores – devem estabelecer um sistema que registre todas as ações realizadas, e, principalmente, que registre qualquer acidente, incidente e potencial acidente que tenham ocorridos durante as atividades de trabalho. No caso de que algum desses eventos ocorra, ele deve ser investigado e as medidas devem ser estabelecidas para a prevenção de que ele ocorra novamente (ver Parte 1.3 e Parte 2). No caso de que haja um problema com o equipamento de RAC, a falha ou problema deve ser relatada ao fornecedor ou fabricante de forma que os problemas possam ser corrigidos adequadamente. Todas as atividades associadas com o manuseio do equipamento devem ser registradas em planilhas de dados (ver Anexo 9 para um exemplo).

### 6.1.2 Avaliação de risco

Sempre que alguém estiver trabalhando em um sistema que contenha fluidos frigoríficos inflamáveis, devem ser tomadas as precauções necessárias. A identificação dessas precauções é normalmente realizada através de um processo de avaliação de risco.

A princípio, um evento de ignição devido a fluidos frigoríficos à base de HC pode ocorrer apenas quando três pré-condições essenciais ocorrerem simultaneamente:

Primeiro, a liberação do fluido frigorífico;

- Segundo, a ocorrência de uma mistura inflamável de HC e ar;
- Terceiro, a presença de uma fonte de ignição ativada com um determinado nível de energia ou temperatura no mesmo local e ao mesmo tempo.

A combinação das três ocorrências acima deve ser evitada. Deve haver uma análise de cada tipo de atividade que será realizada pelo técnico.

O empregador e/ou dono das instalações e/ou operador (ou seu representante, que pode ser uma autoridade delegada a um técnico suficientemente competente) deve realizar uma avaliação adequada dos riscos para os funcionários provenientes de uma substancia inflamável e eliminar ou reduzir esses riscos, quando for razoavelmente possível. Isso é alcançado adotando-se um processo que elimina ou reduz o risco.

O procedimento de avaliação de riscos deve considerar:

- As propriedades perigosas de cada substância e as propriedades perigosas de substâncias quando usadas em combinação com outras substâncias, e também as circunstâncias do trabalho;
- Os indivíduos que podem estar em risco de sofrer danos;
- A probabilidade de que uma atmosfera explosiva ocorra e a sua persistência;
- A probabilidade de que fontes de ignição estejam presentes e sejam ativadas e tornem-se efetivas;
- A escala dos efeitos esperados de um incêndio ou explosão.

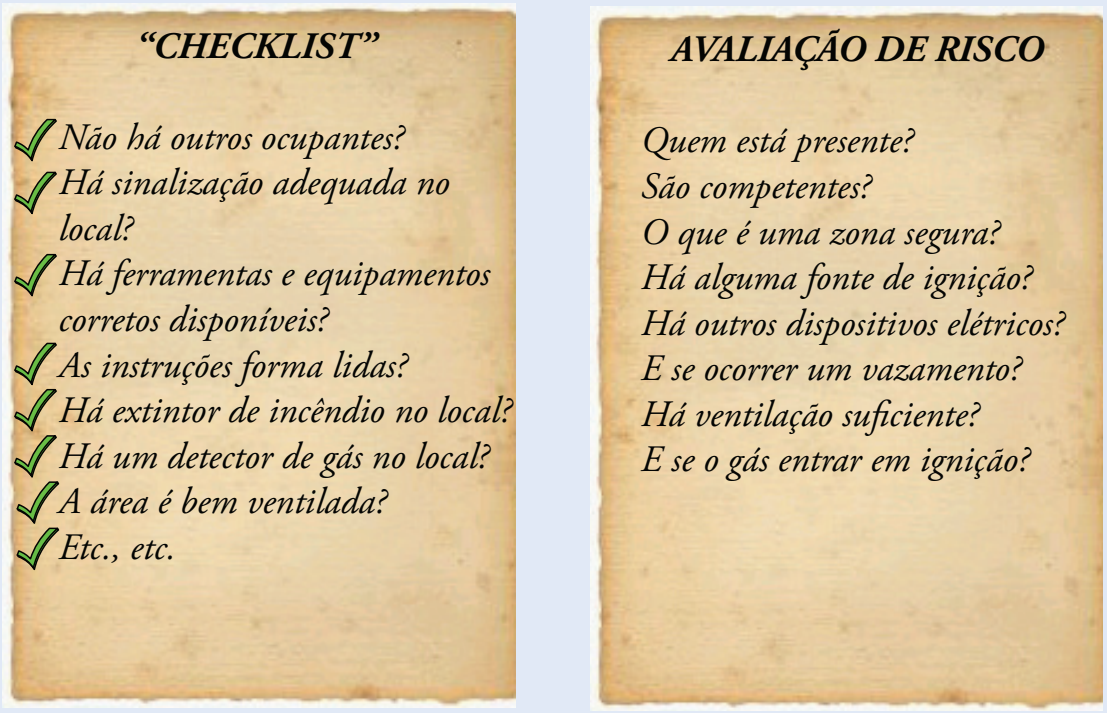
Com base nessas considerações, as seguintes medidas (em ordem de prioridade) devem ser concebidas e aplicadas, de acordo com a avaliação de riscos e conforme a natureza da atividade ou operação:

- Reduzir ao mínimo a quantidade de substâncias perigosas;
- Evitar ou minimizar vazamento de uma substância inflamável;
- Controlar as fontes de vazamento de substâncias perigosas;
- Evitar a formação de uma atmosfera explosiva, incluindo o uso de uma ventilação adequada;
- Assegurar que qualquer vazamento de uma substância inflamável, que possa oferecer riscos, seja evitado adequadamente e de forma segura;
- Evitar fontes de ignição;
- Reduzir ao mínimo o número de trabalhadores e eliminar a possibilidade das pessoas se exporem ao risco;
- Evitar propagação de incêndio ou explosão;
- Oferecer métodos de proteção contra incêndio e explosão;
- Oferecer equipamento de proteção pessoal adequado.

A avaliação de risco deve ser revista regularmente e devem ser feitas quaisquer revisões que se achar necessário. Antes que um local de trabalho que contenha locais onde possa ocorrer uma mistura inflamável possa ser usado pela primeira vez, o empregador e/ou proprietário e/ou operador deve assegurar-se de que toda a segurança contra incêndio e explosão seja verificada por uma pessoa competente. Todas as avaliações de risco devem ser documentadas.

**CARTÃO DE AVISO PARA GARANTIR A SEGURANÇA NO TRABALHO**

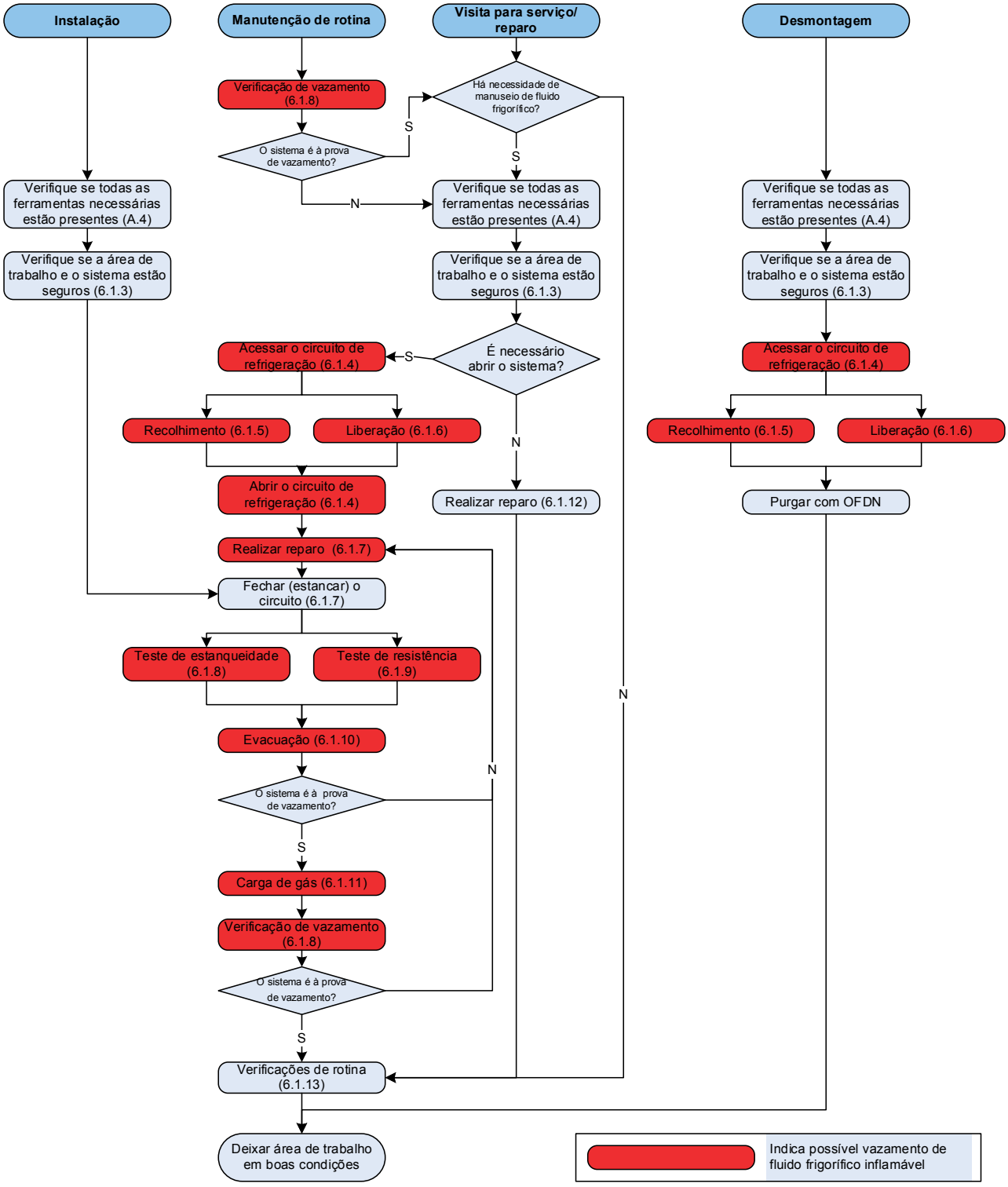
As empresas devem oferecer a seus funcionários cartões rígidos que os assistam na segurança do local de trabalho. Esses cartões laminados devem incluir um "check list" sobre o nível de segurança do local e um procedimento básico de avaliação de risco. Eles devem ser muito resistentes, fáceis e convenientes para que os técnicos os usem, contendo os aspectos mais importantes a serem lembrados. Se houver a possibilidade dos técnicos terem contato com diferentes tipos de equipamentos, pode ser pertinente a criação de tais cartões para cada tipo específico de sistema ou ambiente.


"CHECKLIST"
✓ Não há outros ocupantes?
✓ Há sinalização adequada no local?
✓ Há ferramentas e equipamentos corretos disponíveis?
✓ As instruções forma lidas?
✓ Há extintor de incêndio no local?
✓ Há um detector de gás no local?
✓ A área é bem ventilada?
✓ Etc., etc.
AVALIAÇÃO DE RISCO
Quem está presente?
São competentes?
O que é uma zona segura?
Há alguma fonte de ignição?
Há outros dispositivos elétricos?
E se ocorrer um vazamento?
Há ventilação suficiente?
E se o gás entrar em ignição?

A Figura 66 mostra uma sequência típica de atividades que os técnicos podem realizar enquanto realizam qualquer tipo de serviço relacionado à instalação, manutenção, reparo e desmontagem de um sistema de RAC. Durante qualquer uma dessas atividades, os técnicos podem ter de realizar atividades de manuseio ou de entrar em contato com uma emissão de fluido frigorífico por alguma razão. A maioria de tais situações são identificadas dentro da Figura 66; mas é claro, podem surgir outras circunstâncias que também necessitam de outras considerações específicas.

Portanto, as seções seguintes oferecem algumas orientações sobre considerações importantes em relação a essas atividades principalmente, de forma que possa ser desenvolvida uma avaliação de riscos apropriada e posteriores instruções de trabalho. Além disso, também são fornecidas orientações sobre outras atividades, ou seja, para os casos onde o uso de fluidos frigoríficos inflamáveis não foi previsto, mas que deve ser tratado, já que essas orientações são fundamentais para manter a segurança geral no local de trabalho e para manter um funcionamento seguro e de longo prazo dos equipamentos que estão em locais onde os técnicos não estejam presentes.

Figura 66: Identificação das atividades que possam envolver emissão de fluido frigorífico


Instalação
Manutenção de rotina
Visita para serviço/ reparo
Desmontagem
Verificação de vazamento (6.1.8)
Há necessidade de manuseio de fluido frigorífico?
O sistema é à prova de vazamento?
S
N
Verifique se todas as ferramentas necessárias estão presentes (A.4)
Verifique se a área de trabalho e o sistema estão seguros (6.1.3)
É necessário abrir o sistema?
Acessar o circuito de refrigeração (6.1.4)
Recolhimento (6.1.5)
Liberação (6.1.6)
Abrir o circuito de refrigeração (6.1.4)
Realizar reparo (6.1.12)
Purgar com OFDN
Realizar reparo (6.1.7)
Fechar (estancar) o circuito (6.1.7)
Teste de estanqueidade (6.1.8)
Teste de resistência (6.1.9)
Evacuação (6.1.10)
Carga de gás (6.1.11)
Verificações de rotina (6.1.13)
Deixar área de trabalho em boas condições
Indica possível vazamento de fluido frigorífico inflamável

**DETECÇÃO DE GÁS NA ÁREA DE TRABALHO**

Enquanto os técnicos estão realizando qualquer tipo de serviço nos sistemas de RAC, é aconselhável que se faça uso de um detector de gás portátil. Tal detector pode ser preso à roupa do técnico ou colocado no chão dentro da área de trabalho. Ele deve permanecer ligado por todo o tempo de trabalho, e ajustado para alarmar em 15% do LII, para alertar que pode haver uma concentração inflamável por perto. Desta forma, os técnicos podem ser alertados sempre que ocorrer um vazamento de fluido frigorífico inflamável, e podem agir imediatamente de acordo com os procedimentos de emergência necessários.

## 6.1.3 Precauções gerais para a realização dos serviços

Antes de realizar qualquer tipo de serviço em um sistema ou equipamento de refrigeração, é essencial certificar-se que o local em questão está adequadamente seguro para a realização do serviço, e que as precauções apropriadas foram estabelecidas. Principalmente, antes de começar a realizar qualquer serviço em sistemas contendo fluidos frigoríficos HCs, são necessárias verificações de segurança para garantir que o risco de ignição foi minimizado.

As seguintes precauções devem ser tomadas antes de realizar qualquer serviço no circuito do fluido frigorífico:

- Todos os funcionários e outros trabalhadores que estiverem no local em questão devem ser instruídos sobre a natureza do serviço que será realizado;
- Toda a área em volta do local em que será realizado o serviço deve interditada;
- Se necessário, deve-se obter permissão para realização de serviço de alto risco;
- Deve-se evitar trabalhar dentro de espaços confinados;
- Nenhum material inflamável deve ser armazenado na local onde será realizado o serviço;
- Equipamentos apropriados de extinção de incêndio (do tipo de $CO_2$ ou pó seco) devem estar disponíveis dentro da área em questão;
- A área de trabalho deve estar ventilada adequadamente, antes de começar a realizar o serviço no circuito de fluido frigorífico, ou, antes de processo de solda/brasagem, ou no manuseio de equipamentos elétricos;
- A ventilação deve dispersar com segurança qualquer fluido frigorífico proveniente de vazamento e, preferivelmente, expurgá-lo para o lado de fora do local;
- Detectores de gás inflamável adequados devem estar presentes e operando corretamente, para alertar os trabalhadores sobre concentrações perigosas de fluidos frigoríficos. Esse equipamento de detecção de gás não dever produzir faíscas e deve estar adequadamente vedado ou intrinsecamente seguro;
- Todos os funcionários de manutenção devem estar instruídos;

- Deve haver sinalização apropriada no local, incluindo sinais de "proibido fumar" e "não entre nesta área";
- Todos os equipamentos e ferramentas apropriados devem estar disponíveis.

Apenas trabalhe com o tipo adequado de nitrogênio: nitrogênio seco sem oxigênio (OFDN). A presença de oxigênio pode proporcionar risco de inflamabilidade (e a presença de umidade pode ser danosa à confiabilidade e operação do sistema de refrigeração). Em alguns países, o dióxido de carbono ($CO_2$) pode ser encontrado pelos técnicos de forma mais rápida e acessível que o nitrogênio; essa é uma alternativa aceitável, considerando que ela atenda aos mesmos requisitos em termos de não possuir nada de oxigênio e umidade, ou seja, dióxido de carbono seco e isento de oxigênio.

O técnico deve sempre ler com cuidado o manual de instalação e/ou serviço que é fornecido pelo fabricante, de maneira que esteja consciente de quaisquer requisitos especiais e específicos associados com o equipamento em questão. Componentes novos ou usados para reposição devem estar dentro das especificações do fabricante. Em caso de dúvida, consulte o departamento técnico do fabricante para assistência técnica.

Se houver a necessidade de realizar outros tipos de atividades no sistema ou equipamento que exija assistência de outra pessoa preparada para esse tipo de atividade, a mesma deve ser realizada apenas sob a supervisão de uma pessoa competente no uso de fluidos frigoríficos inflamáveis.

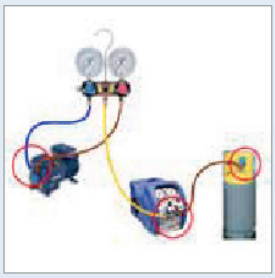
Dependendo do tipo de instalação, quando possível, é recomendável que o equipamento seja removido de sua posição original e seja transportado para uma oficina preparada para trabalhar com esse tipo de fluido, onde o serviço possa ser realizado de maneira mais controlada e, portanto, mais segura.

Algumas questões iniciais, conforme abaixo, também devem ser consideradas antes de se realizar qualquer tipo de serviço em um determinado sistema ou em alguma peça de um equipamento:

- É essencial que o técnico esteja completamente familiarizado com o equipamento em questão e seus respectivos detalhes;
- O técnico deve estar familiarizado com o propósito e o objetivo do equipamento;
- O equipamento deve, sempre que possível, estar isolado da alimentação elétrica;
- Garanta que todos os equipamentos e ferramentas mecânicas necessários para o manuseio de fluido frigorífico estejam disponíveis;
- Garanta que todos os equipamentos de proteção pessoal necessários estejam disponíveis e sendo usados corretamente.

**ZONAS TEMPORARIAMENTE INFLAMÁVEIS**

Quando se estiver realizando qualquer tipo de serviço em sistemas que usam fluidos frigoríficos inflamáveis, o técnico deve considerar esses locais como "zonas temporariamente inflamáveis". Essas são zonas onde normalmente se espera que se ocorra ao menos alguma emissão de fluido frigorífico durante os procedimentos de serviços normais, tais como recolhimento, carga de gás, etc.; principalmente, onde as mangueiras são conectadas ou desconectadas. Prevendo a quantidade máxima de fluido frigorífico que possa ser liberada durante tal procedimento (tal como desconectar uma mangueira enquanto está cheia de fluido frigorífico líquido), a distância mínima desse ponto, o qual deve ser considerado como uma zona temporariamente inflamável, é de cerca de meio metro em todas as direções.



### 6.1.4 Acessando o circuito de refrigeração

O ideal é usar válvulas de serviço para ter acesso a um sistema de RAC, tanto para adicionar ou remover fluido frigorífico. Se as válvulas de serviço não estiverem instaladas, então deve ser usada uma válvula do tipo Schrader. Para sistemas menores pode não haver muitos meios de se acessar o sistema diretamente, pois nesse caso há duas opções disponíveis:

- Aplicação de uma válvula perfuradora;
- Uso de alicate perfurador.

Se algum desses métodos for aplicado, então, é essencial que se selecione o diâmetro correto para encaixe no tubo, caso contrário, será muito provável que o técnico não consiga conter fluido frigorífico e ocorra um grande vazamento. Também é importante observar que nenhum desses métodos é considerado como um ponto de acesso permanente ao sistema. Assim, depois que todo o fluido frigorífico tenha sido removido e o sistema tenha sido limpo com OFDN, os alicates e válvula perfuradora devem ser removidos, e substituídos com uma conexão permanente.

Independentemente dos meios de se acessar o sistema, qualquer método resultará em alguma emissão de fluido frigorífico e assim as precauções apropriadas devem ser respeitadas para se minimizar o tamanho do vazamento e eliminar quaisquer fontes potenciais de ignição.

Sob nenhuma circunstância deve-se abrir, ou seja, cortar ou quebrar uma tubulação ou qualquer parte do sistema que contenha fluido frigorífico inflamável ou outro gás sob pressão.

Alguns aspectos devem ser considerados ao se obter acesso ao sistema:

- Se for necessário abrir o sistema, especialmente para a troca de peças ou para a realização de solda/brasagem, todo o fluido frigorífico deve ser recolhido, seguindo os procedimentos adequados conforme detalhados abaixo;
- Em caso de alguma falha não prevista no sistema é aconselhável remover toda a carga de fluido frigorífico. Embora seja possível recolher o fluido frigorífico de um sistema e isolá-lo dentro de alguma parte desse sistema em que não esteja sendo realizado nenhum serviço;
- Se o fluido frigorífico for removido, o sistema deve ser limpo com OFDN, e apesar de sempre haver algum HC residual dentro do sistema, a concentração em OFDN deve ser suficientemente baixa para torná-lo não inflamável (portanto, pode ser necessário repetir esse processo várias vezes);
- A limpeza do sistema deve ser feita quebrando o vácuo do sistema com OFDN e o adicionando novamente até que a pressão de funcionamento seja atingida, e então expurgá-lo em direção à atmosfera, e finalmente realizar o vácuo diminuido a pressão até o necessário;
- Antes de continuar com outros tipos de serviços, a área deve ser verificada com um detector de fluido frigorífico apropriado antes, e durante, a realização de qualquer serviço que envolva solda ou brasagem, para que o técnico esteja ciente se há uma atmosfera potencialmente explosiva neste local;
- O OFDN deve então ser usado no sistema, tanto antes quanto durante o processo de soldagem. Essa operação é absolutamente vital, caso haja a necessidade de realizar qualquer tipo de solda/brasagem na tubulação;
- Sob nenhuma circunstância devem ser usados ar comprimido ou oxigênio para limpar ou pressurizar o sistema.

Em todos os casos, quando se estiver trabalhando com fluidos frigoríficos HCs devem ser usados somente equipamentos e ferramentas apropriadas para manuseio de fluidos frigoríficos inflamáveis.

### 6.1.5 Recolhimento de fluido frigorífico

Antes de se trabalhar no sistema, é necessário remover todo o fluido frigorífico desse sistema. Sob a maioria das circunstâncias é recomendado que se recolha o fluido frigorífico, em vez de liberá-lo para a atmosfera. Procedimentos convencionais de recolhimento, como usados para qualquer outro fluido frigorífico, são aplicados da mesma forma quando se está lidando com fluidos frigoríficos HCs. Contudo, deve-se prestar atenção especial principalmente aos seguintes aspectos:

- A recolhedora usada deve ser adequada para o uso com fluidos frigoríficos inflamáveis, e, principalmente, não deve possuir nenhuma fonte potencial de ignição (os requisitos são os mesmos que os do sistema de fluido frigorífico convencional);
- O cilindro de recolhimento deve ser adequado para o fluido frigorífico usado (principalmente a classificação de pressão e compatibilidade entre o fluido e as vedações da válvula, etc.).

Durante a conexão das mangueiras no sistema refrigeração, no conjunto manifold, na recolhedora e no cilindro de recolhimento, certifique-se de que as conexões estão encaixadas corretamente e com segurança, e que não há fontes potenciais de ignição nas proximidades. Para minimizar a liberação de fluido frigorífico para a atmosfera é aconselhável, antes do recolhimento, adotar a boa prática de purgar e limpar as mangueiras, o conjunto de manifold e a recolhedora usando nitrogênio, mas, ao mesmo tempo, também se deve certificar que há ventilação suficiente para dispersar o fluido, no caso de uma possível liberação.

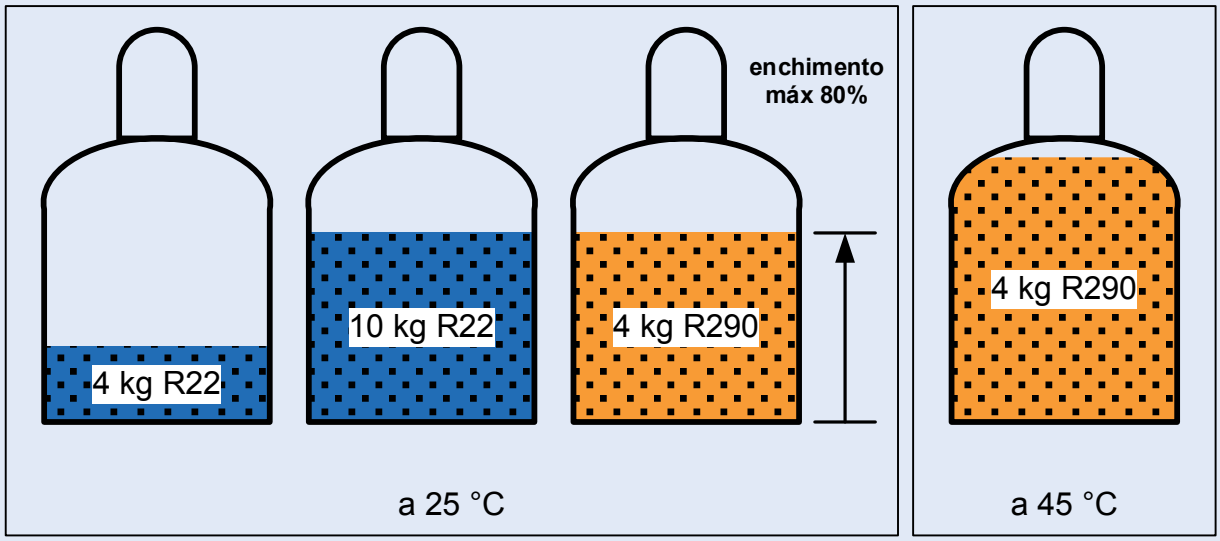
A transferência do fluido para o cilindro de recolhimento deve ser feita com cuidado, monitorando-se a quantidade de fluido frigorífico transferida para cilindro, portanto, o cilindro deve ser mantido de preferência em uma balança eletrônica durante todo o procedimento. Certifique-se de que não ocorra um transbordamento no cilindro, ou seja, que não seja transferido para o cilindro mais que 80% do seu volume de fluido frigorífico no estado líquido. Da mesma forma que a pressão de descarga também deve ser monitorada para garantir que a pressão máxima permitida do cilindro de recolhimento não seja nunca excedida. O cilindro de recolhimento deve ser etiquetado com o tipo e quantidade de fluido frigorífico que ele irá possuir após a finalização do procedimento de recolhimento.

**CUIDADOS COM OS CILINDROS DE RECOLHIMENTO!**

É essencial que o cilindro de recolhimento de fluido frigorífico HCs seja usado adequadamente. Os HCs líquidos têm menos da metade da densidade de fluidos frigoríficos fluorados, e, portanto, eles ocupam mais que duas vezes o volume interno de um cilindro. Se isso não for considerado durante a transferência de fluido frigorífico para um cilindro de recolhimento, existe a possibilidade de rompimento desse cilindro – as consequências são severas! Qualquer cilindro de recolhimento deve ser completado com fluido até um máximo de 80% de seu volume, ou seja, se o fluido frigorífico for R22, ele deverá ser completado somente até 80%; e se o fluido frigorífico for R290, também deverá ser completado somente até 80%. Contudo, no caso do R22, a quantidade (massa) pode ser de 10 kg, porém no caso do R290 a quantidade (massa) pode ser de apenas 4 kg. A figura abaixo ilustra esse conceito. É essencial estar atento que quando o cilindro aquece (como pode acontecer se ele estiver armazenado do lado de fora e exposto diretamente à luz do sol, ou sendo transportado em uma van) o líquido se expande e ocupa mais espaço (volume) – isso também está ilustrado na figura abaixo. Se o líquido se expande demais, então o cilindro será incapaz de suportar a pressão e irá, consequentemente, romper, certamente causando danos e lesões. A capacidade máxima de enchimento do cilindro pode ser estimada a partir de:

Enchimento máximo de HC (kg) = 0,4 x enchimento máximo de HFC ou HCFC (kg).

Para um cálculo mais preciso, podem ser usados os fatores de conversão na tabela 20, em vez de 0,4.




A recolhedora deve funcionar até que a pressão do sistema atinja um valor de 0,3 bar, absoluto (-0,7 bar relativo/manométrico) ou menor. Já que os fluidos frigoríficos HCs tendem a ser solúveis com muitos tipos de óleo, pode haver um aumento subsequente na pressão por causa da dessorção do fluido frigorífico a partir do óleo do compressor. Portanto, pode ser necessário usar a recolhedora por uma segunda ou terceira vez. Uma vez que o fluido frigorífico tenha sido recolhido para a uma pressão apropriada, o sistema deve ser limpo com OFDN, para evitar que contenha qualquer substância inflamável no seu interior.

Orientações gerais relacionadas aos procedimentos de recolhimento com segurança também podem ser encontradas em outras publicações.

### 6.1.6 Liberação de fluido frigorífico

A liberação pode ser feita como uma alternativa ao recolhimento do fluido frigorífico. O fato dos fluidos frigoríficos HCs não possuírem PDO, e possuírem um GWP insignificante, sob certas circunstâncias, pode ser considerado aceitável a sua liberação. Contudo, se isso for considerado, deve ser feito de acordo com as regras e regulamentações nacionais relevantes, se permitido. Antes de iniciar a liberação as seguintes questões são necessárias:

- Certificar-se de que a legislação relacionada à gestão e destinação de resíduos industriais tenha sido considerada[41];
- Certificar-se de que a legislação ambiental tenha sido considerada;
- Certificar-se de que a legislação que trata da segurança de substâncias perigosas seja respeitada.

Normalmente, a liberação é feita apenas com sistemas que contenham uma quantidade pequena de fluido frigorífico, normalmente menor que 150g; quantidades maiores devem ser recolhidas.

Se a liberação for realizada, é necessário um conjunto de procedimentos especiais para garantir que ela seja feita de maneira segura, seguindo os procedimentos de segurança gerais discutidos dentro dessa seção, e por meio do uso apropriado de uma mangueira adequada:

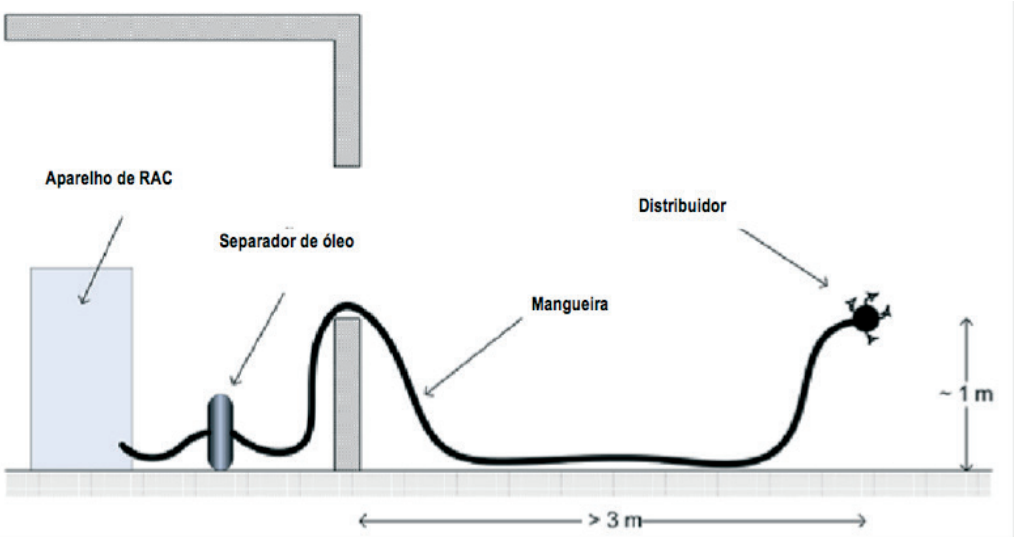
- Em nenhuma circunstância é permitido liberação para dentro de um edifício;
- A liberação não deve ser feita para uma área pública, ou onde as pessoas não estejam cientes de que esse tipo de procedimento possa ocorrer;
- A mangueira deve ser de comprimento suficiente de forma que se estenda a pelo menos 3 metros além do exterior do prédio;
- A liberação deve apenas acontecer com a certeza de que o fluido frigorífico não entrará em nenhum edifício ao lado, e que não irá migrar para um local abaixo do nível do chão;
- A mangueira deve ser feita de material compatível com o uso de fluidos frigoríficos HCs e com o tipo de óleo que está sendo usado;
- Um dispositivo deve ser usado para posicionar a mangueira de descarga pelo menos 1 m acima do chão de forma que a descarga esteja apontada para cima (para favorecer a diluição);
- O ideal é usar uma mangueira com um distribuidor (para dispersar o fluido em sua liberação para atmosfera em ambiente externo) em sua descarga, para que o fluido frigorífico liberado possa ser descarregado em direções diferentes, com orifícios de saída razoavelmente pequenos (para favorecer a diluição);
- Próximo à entrada da mangueira, um separador de óleo deve ser instalado para prevenir a emissão do óleo de refrigeração, de forma que possa ser coletado e descartado adequadamente seguindo o procedimento de liberação (um cilindro de recuperação também pode ser usado neste caso);
- Não deve haver fontes de ignição próximas à descarga da mangueira;
- Uma sinalização de advertência de gás inflamável deve ser colocada próximo à descarga da mangueira;
- A mangueira deve ser verificada regularmente para garantir que ela não possui nenhum furo nem dobras, que possam causar vazamento ou bloqueio da passagem de fluxo.

Durante a realização da liberação, deve-se usar um conjunto manifold para dosar o fluxo de fluido frigorífico, mantendo-o em uma baixa vazão na mangueira, para garantir que o fluido frigorífico tenha uma boa diluição. Após a liberação total do fluido frigorífico, o sistema deve ser limpo com OFDN; caso contrário, o sistema deve ser pressurizado com OFDN e o procedimento de liberação de OFDN deverá ser realizado

41 Dentro da UE, por exemplo, existem visões conflitantes em relação à permissão da liberação de certos fluidos frigoríficos.

duas ou mais vezes, para garantir que haja o mínimo de fluido frigorífico HC dentro do sistema. A Figura 67 mostra um diagrama esquemático ilustrando a mangueira de ventilação.

Figura 67: Diagrama ilustrando o posicionamento e a forma que a mangueira de liberação deve ser instalada




## 6.1.7 Reparo de vazamentos

É muito importante que os reparos dos vazamentos de fluido frigorífico sejam feitos de forma adequada e imediatamente após eles serem encontrados. Caso não possam ser reparados imediatamente, a carga de fluido frigorífico deve ser removida do sistema até que o vazamento possa ser reparado adequadamente. As seguintes considerações são relevantes ao tentar-se reparar um vazamento:

- Repare o vazamento adequadamente. Isso significa remover o fluido frigorífico, examinar a fonte do vazamento, encontrar a razão do vazamento e agir adequadamente (isso não significa simplesmente tentar apertar a conexão, ou algum outro "reparo rápido");
- Após examinar o vazamento e encontrar a causa tente identificar e realizar as ações necessárias para que o vazamento não ocorra novamente;
- Se o vazamento ocorreu em uma conexão roscada, se possível tente trocá-la para uma união brasada ou alguma outra similar, que possua a mesma eficiência contra vazamento;
- Antes de iniciar o reparo, certifique-se de que o fluido frigorífico foi removido completamente e que o sistema foi limpo com OFDN, principalmente se tiver que ser feita uma brasagem.

Se o sistema foi acessado usando alicates ou válvulas perfuradoras (devido à ausência de pontos para a instalação das mangueiras do conjunto manifold), é absolutamente inaceitável deixar esses dispositivos conectados ao sistema – eles são altamente propensos a vazamento e são facilmente manuseados de modo errado. Em vez disso, existem várias opções para vedar novamente um sistema, incluindo o uso de conexões brasadas, conexões de pressão (por exemplo, "lok-ring"), conexões "Euro-flare" e uniões de compressão com anilha metálica (por exemplo, "swagelok") (ver Parte 5.2). Independente do método usado, o tubo onde o alicate perfurador ou válvula perfuradora tenham sido usados deve ser substituído, e deve ser encaixado um ponto de carga apropriado, como válvula Schrader ou algum outro ponto de serviço. Lembre-se de que, independentemente do uso de uma porta de serviço ou válvula Schrader, a tampa deve sempre ser encaixada.

Em geral, as orientações de prevenção de vazamento devem ser seguidas durante o reparo do vazamento (ver Parte 5.2).

### 6.1.8 Verificação de vazamento (teste de estanqueidade)

Detecção de vazamento é uma atividade importante a ser executada durante os serviços que são realizados nos sistemas de refrigeração e é fundamental para os sistemas que utilizam fluidos frigoríficos HCs. É vital reconhecer que a detecção de vazamento não é a detecção de gás, pois a detecção de gás apenas auxilia a detecção de vazamentos. Sabe-se que alguns métodos utilizados para a detecção de vazamentos não se baseiem necessariamente na detecção de gás.

Durante o processo de fabricação ou montagem de um sistema, o método mais adequado para a detecção de vazamento é a pressurização do sistema com hélio e a utilização de um detector de gás altamente sensível ao hélio. Existe um equipamento específico para executar esses procedimentos, mas a utilização de hélio pressurizado para detecção de vazamento não é um método conveniente para ser aplicado no local de trabalho. Portanto, pode-se considerar os seguintes métodos de detecção de vazamento durante as atividades realizadas no local de trabalho:

- Teste com uso de bolha de sabão: O sistema é pressurizado com OFDN (ou fluido frigorífico líquido, após carregamento para o teste final) até a pressão nominal de trabalho e a todas as uniões, as conexões e os componentes devem ser verificados, quanto à existência de bolhas, mediante a utilização de água e sabão ou outros fluidos. Esse é o método normalmente mais utilizado e considerado um dos mais confiáveis;
- Teste de queda de pressão: O sistema é pressurizado com OFDN até a pressão de trabalho normal e a pressão é monitorada por um período de tempo (pelo menos 10 minutos) para possibilitar a verificação de uma queda de pressão. Isso deve ser executado dentro de um ambiente de temperatura constante. No entanto, este método é menos preciso e pode não detectar vazamentos muito pequenos, e a alteração de pressão pode resultar em outros fatores, tais como equalização da pressão interna da mistura com óleo;
- Detecção de gás: Uma carga de gás com OFDN e uma pequena quantidade de fluido frigorífico deve ser realizada no sistema até atingir a pressão de trabalho nominal, e então é utilizado um detector de fluido frigorífico para verificar todas as uniões, conexões e componentes quanto à presença de vazamento de fluido frigorífico. (Ao utilizar a detecção de gás, veja a Parte 6.1.4.) Geralmente esse método é utilizado juntamente com o teste de bolha de sabão para indicar a posição exata do vazamento;
- Ultravioleta: Isso requer a adição de um contraste específico no sistema, que normalmente possa ser misturado com o óleo. Dessa forma, quando ocorrer vazamentos, a localização de um vazamento poderá ser rastreada, com a assistência de uma lâmpada ultravioleta. Novamente, dependendo do tamanho e da localização do vazamento, esse método geralmente requer outras identificações sobre a posição exata do vazamento com a aplicação do método de teste com bolha de sabão;
- Sensor ultrassônico: O sistema é pressurizado com OFDN até a pressão mais alta permissível (de acordo com a pressão de operação máxima do sistema), e o sensor do dispositivo é utilizado para converter e amplificar o som do vazamento de tal modo que o operador possa detectá-lo pela audição. A eficácia desse método é sensível à quantidade de ruído no ambiente de trabalho e, novamente, requer a utilização de um teste de bolha de sabão para determinar com precisão a posição do furo do vazamento.

Logo após a identificação do vazamento, devem ser utilizados os procedimentos adequados para repará-lo. É essencial estar ciente de que os sistemas possam ter mais de um vazamento, possibilitando que o sistema seja verificado repetidamente, incluindo posições de vazamentos recentemente reparados para garantir que todos os vazamentos tenham sido encontrados.

Em geral, inspeções do nível da carga de gás e detecção de gás devem ser executadas frequentemente, especialmente em sistemas de grande porte. Sempre que houver qualquer indicação de ocorrência de vazamento, deve-se agir imediatamente para encontrar e reparar os vazamentos.

### 6.1.9 Teste de resistência (pressão)

Após alguma alteração no sistema, normalmente é necessária a realização do teste de resistência, o qual é feito por meio da aplicação de altas pressões dentro do sistema. Essas alterações podem incluir peças que são reconectadas no sistema usando conexões mecânicas ou brasadas, troca de um ou mais componentes ou adicionando componentes no sistema. O teste de resistência (pressão) deve ser conduzido da mesma forma que o executado para qualquer outro componente.

Em resumo:

- Certifique-se de que todos os funcionários estejam a uma distância segura de qualquer parte do sistema que contenha fluido frigorífico;
- Realize a carga de gás no sistema usando um gás inerte, normalmente o OFDN;
- Pressurize o sistema de forma gradual até atingir uma pressão igual a 1,1 × pressão de trabalho permissível do sistema, conforme o descrito na etiqueta de identificação do equipamento;
- Mantenha o sistema pressurizado por alguns minutos e então o despressurize gradualmente;
- Verifique todas as partes do sistema e certifique-se que não houve nenhuma deformação.

Se não houve deformação nas partes do sistema, então, o teste pode ser considerado aprovado.

Se a pressão máxima de trabalho não for exibida no sistema, então, ela poderá ser estimada com base na pressão de saturação do fluido frigorífico a 55 °C, apesar de ela depender das condições climáticas locais; se há uma possibilidade da máxima temperatura ambiente ser mais alta, então, a pressão de teste também deve ser aumentada. (Consulte a Parte 5.6.7.)

### 6.1.10 Evacuação do sistema

Após o sistema ter sido vedado, o vazamento identificado e o teste de resistência (pressão) realizado, o próximo passo será executar uma evacuação para remover o ar, a umidade e o fluido frigorífico residual do sistema. (Observe que a evacuação não removerá partículas.) Se isso ocorrer diretamente após o recolhimento ou liberação do fluido frigorífico será necessário limpar o sistema com OFDN. Se a limpeza não for possível devido à configuração do sistema, então alguma quantidade de OFDN deverá ser adicionada no sistema após o recolhimento antes que a evacuação se inicie. Isso é necessário para evitar a ocorrência de misturas inflamáveis.

Ao conectar no sistema as mangueiras, o conjunto manifold e a bomba de vácuo, certifique-se de que as conexões estejam seguras e não haja fontes potenciais de ignição próximas do local. Além disso, certifique-se de que a descarga da bomba esteja em uma área livre de fontes potenciais de ignição. É também necessário garantir que seja utilizado um vacuômetro adequado, uma vez que os conjuntos manifold convencionais não fornecerão uma leitura adequada e, frequentemente, levam os técnicos a assumirem que foi obtido um bom vácuo, enquanto que, na verdade, isso pode não ter ocorrido.

O sistema deve ser evacuado até a pressão adequada (normalmente 500 microns ou menos) e, então, mantido nessa pressão por 15 minutos, para garantir que todo o fluido frigorífico tenha sido removido do óleo e que toda umidade residual tenha sido evaporada. A pressão pode subir devido à evaporação da umidade, mas se isso acontecer após a evacuação já ter sido realizada duas ou mais vezes, o motivo pode ser um vazamento (entrada de fluxo), já que a quantidade de umidade a ser removida é finita. Se o sistema precisar ser reparado (por exemplo, ter acesso ao fluido frigorífico, realização de brasagem, etc.) então o vácuo deve ser quebrado com OFDN.

Certifique-se de que a bomba de vácuo seja de boa qualidade e tenha uma capacidade adequada para o sistema e que o nível de óleo esteja correto.

Além dos outros equipamentos usados para serviços, a bomba de vácuo também não deve possuir fontes potenciais de ignição. Isso normalmente requer que o botão de liga e desliga seja vedado ou de um tipo que não proporcione faíscas. Uma outra alternativa pode ser ligá-lo ou desligá-lo, remotamente em sua tomada, desde que ela esteja em um local distante das partes que contenham fluido frigorífico.

### 6.1.11 Carga de fluido frigorífico

A carga de fluido frigorífico pode ser executada de diversas formas; assim como qualquer outro fluido frigorífico, dependendo da localização, tipo de sistema, equipamento disponível e precisão desejada:

- Máquinas eletrônicas que controlam a carga de gás pela massa-fluxo;
- Carga de gás volumétrica por meio de um cilindro graduado;
- Carga de gás pela massa usando uma balança (eletrônica);
- Carga de gás usando o visor de líquido;
- Carga de gás de acordo com o desempenho do sistema.

As máquinas de carga de gás são mais usadas nas fábricas, e as outras quatro opções restantes são mais usadas no campo. De todas essas opções a carga de gás pela massa utilizando uma balança é um método mais recomendado, uma vez que ele é mais preciso e a quantidade de carga adicionada é normalmente na quantidade de fluido (massa) indicada na etiqueta de identificação do equipamento. No entanto, praticamente os mesmos procedimentos devem ser utilizados para os fluidos frigoríficos HCs, assim como qualquer outro tipo de fluido frigorífico, exceto as seguintes considerações específicas, que são bastante importantes:

- Antes da carga de gás, certifique-se de que o sistema tenha sido aprovado no teste de resistência (pressão) com OFDN;
- Antes da carga de gás, certifique-se de que o sistema tenha sido aprovado no teste de estanqueidade (verificação de vazamentos);
- Ao conectar no sistema de refrigeração as mangueiras, o conjunto manifold e o cilindro de fluido frigorífico, certifique-se de que as conexões estejam seguras e que não haja fontes potenciais de ignição próximas ao local;
- Certifique-se de que não ocorra uma contaminação devido ao uso de diferentes fluidos frigoríficos pelo mesmo equipamento de carga de gás;
- Adote a boa prática purgar as mangueiras e o conjunto manifold antes de efetuar a carga de gás para evitar a contaminação do fluido frigorífico. Isso também deve ser executado para minimizar a emissão do fluido frigorífico, mas ao mesmo tempo certifique-se de que há ventilação suficiente para diluir a liberação;
- Mangueiras ou linhas devem ser as mais curtas possíveis para minimizar a quantidade de fluidos frigoríficos nelas contido;
- Certifique-se de que o sistema de refrigeração esteja aterrado antes de realizar a carga de fluido frigorífico no sistema para evitar o acúmulo de eletricidade estática;
- Deve-se tomar muito cuidado para que o sistema de refrigeração não receba uma carga de gás acima do seu limite máximo;
- Após completar a carga, deve-se proceder com novas verificações de vazamentos antes de deixar o local de trabalho;
- Após a execução da carga, cuidadosamente desconecte as mangueiras, tentando minimizar a quantidade de fluido frigorífico emitido;
- Cole uma etiqueta de identificação no sistema após terminar a carga de gás (caso ainda não esteja etiquetado);

- A quantidade (massa) da carga de fluido frigorífico injetada no sistema deve ser registrada em um livro de registro dos serviços realizados no sistema e marcada na etiqueta do equipamento.

Para qualquer quantidade (massa) de carga de fluido frigorífico que seja realizada no sistema, esse método deve ser mais preciso para os HCs que para a maioria dos outros fluidos frigoríficos, porque os HCs apresentam uma densidade mais baixa que os CFCs, HCFCs e HFCs. Normalmente, uma balança deve apresentar uma precisão de ±3% da escala total, principalmente ao trabalhar com sistemas onde a carga de gás é mais crítica. Ao realizar a carga de gás no sistema o técnico deve estar ciente de que o fluido frigorífico HC tem uma densidade menor que a maioria dos outros fluidos frigoríficos, normalmente entre 40% e 50% da carga determinada para o R22, por exemplo. Essa é uma consideração importante, uma vez que um sistema sobrecarregado provavelmente resultaria em pressões extremamente altas e, posteriormente, levaria à ruptura catastrófica do sistema e a um grande vazamento de fluido frigorífico.

### 6.1.12 Reparos dos componentes elétricos

Antes de iniciar qualquer tipo de serviço relacionado aos componentes elétricos, a alimentação elétrica deve ser desligada antes dos componentes vedados serem abertos. Se for necessário não desligar os componentes elétricos a serem reparados. A concentração de gás na atmosfera do local de trabalho em questão deve ser monitorada, continuamente, para alertar pessoas sobre a possível ocorrência de uma situação potencialmente perigosa. Se houver uma falha que possa comprometer a segurança, então a fonte de alimentação elétrica não poderá ser conectada ao circuito até que a situação seja satisfatoriamente mantida sob controle.

Todos os dispositivos elétricos não devem ser fontes potenciais de ignição e isso pode ser normalmente obtido por meio de diversas formas:

- Utilização de componentes que não produzam arcos, faíscas, etc.;
- Utilização de componentes que sejam suficientemente vedados de tal forma que não permitam a entrada de fluidos frigoríficos inflamáveis;
- Posicionamento dos componentes elétricos em locais onde o fluido frigorífico proveniente de vazamento não possa alcançá-lo na possibilidade de uma falha.

Detalhes completos são disponibilizados em outras partes do documento (veja a Parte 5.5).

Dessa forma, ao trabalhar com esses componentes elétricos é essencial garantir o seguinte:

- Componentes com defeito que são preparados para não produzirem faíscas não devem ser substituídos por outros componentes que produzem faíscas;
- Componentes com defeito que são preparados para não produzirem faíscas não devem ser modificados de maneira que passem a produzir faíscas;
- Ao substituir componentes vedados, isso deve ser feito de tal forma a utilizar os mesmos componentes ou componentes que tenham pelo menos o mesmo nível de vedação;
- Após abrir e/ou trabalhar em componentes vedados, eles devem ser posteriormente vedados da mesma forma em que foram inicialmente projetados;
- Após qualquer substituição ou reparo realizado em componentes os quais foram posicionados em locais específicos eles devem ser mantidos em suas posições originais;
- O cabeamento elétrico não deve estar sujeito a desgaste, corrosão, pressão excessiva, vibração, dobras forçadas nem a qualquer outro efeito ambiental desfavorável;
- Todos os aparelhos elétricos devem ser montados de forma segura.

Em muitos casos, é utilizada uma combinação entre a vedação e o posicionamento do componente em um local específico para evitar que o vazamento de fluido frigorífico inflamável atinja as fontes potenciais de ignição. Portanto, é essencial que não sejam feitas alterações na construção original do equipamento, pois isso pode influenciar no nível adequado de proteção de tal forma a não ser mais perceptível pelo técnico.

Além disso, o técnico deve estar ciente de que a construção de outras partes de um equipamento, por exemplo, o posicionamento de divisórias, paredes, localizações de passagem de tubulação, etc., podem afetar indiretamente o nível de segurança obtido com os componentes elétricos (ou com outras fontes potenciais de ignição). Por exemplo, se uma tubulação for reposicionada próxima a um componente elétrico não protegido, então um vazamento de fluido frigorífico terá maiores possibilidades de penetração em seu interior, ou se a passagem de um cabo através de uma divisória interna não for, adequadamente, vedada pode haver a possibilidade do fluido frigorífico, proveniente de vazamento de um lado da divisória, migrar para o componente elétrico o qual pode estar exposto no outro lado dessa divisória.

Ao trabalhar com sistemas e equipamentos em geral é importante verificar todos os equipamentos elétricos para garantir que o nível de proteção original do equipamento não tenha sido comprometido, por exemplo, com modificações não autorizadas no equipamento ou pelos efeitos de desgastes naturais ou devido ao desgaste por esforços mecânicos.

Além disso, para verificar as fontes potenciais de ignição, outras peças também devem ser verificadas. Por exemplo:

- Se conexões de terminais estão firmemente apertadas e sem folgas, para evitar a ocorrência de arco elétrico;
- As conexões dos conduítes devem ser verificadas sempre após um reparo;
- Fiação e cabeamento também devem ser verificados para garantir que não estejam danificadas.

Ao encontrar um defeito que comprometa a segurança e a confiabilidade da operação dos sistemas de refrigeração, a instalação não deve ser reiniciada.

Componentes intrinsecamente seguros são os únicos tipos de componentes que podem ser operados mesmo estando energizados na presença de atmosfera explosiva, apesar dessa condição não ocorrer normalmente com aparelhos ou sistemas RAC. Os aparelhos de teste também devem estar de acordo com sua classificação específica. Em todos os casos, para confirmar os componentes intrinsecamente seguros e equipamentos de teste está sendo utilizada a marcação “Ex-i”, que deve ser observada.

### 6.1.13 Verificações de rotina do sistema

Ao trabalhar com sistemas que utilizam fluidos frigoríficos inflamáveis deve-se garantir que seja mantido um alto nível de segurança do equipamento e da instalação em questão. Isso envolve principalmente verificações e, se necessário, execução de ajustes necessários, de modo que toda a instalação atenda aos requisitos dos códigos de segurança, normas e regulamentações relevantes.

Após completar qualquer tipo de serviço seja uma instalação, um reparo ou uma manutenção regular, as seguintes verificações devem ser realizadas:

- Certifique-se de que os dispositivos de segurança, incluindo detectores de fluido frigorífico e sistemas de ventilação mecânica estão funcionando corretamente;
- Certifique-se de que o fluxo de ar mínimo necessário, se utilizado, foi obtido;
- Certifique-se de que os dutos de ventilação e ventiladores não contenham resíduos nem restrições;
- Certifique-se de que nenhum tubo foi instalado em posições inaceitáveis;

- Certifique-se de que a tubulação e componentes estão em boas condições, sem vazamento e sem probabilidade de vazar;
- Certifique-se de que a tubulação está totalmente protegida contra danos físicos;
- Certifique-se de que as conexões mecânicas estão localizadas somente onde permitidas;
- Certifique-se de que o sistema não está instalado em um ambiente menor que o tamanho mínimo, conforme permitido pelas normas;
- Certifique-se de que qualquer etiqueta que esteja faltando ou ilegível nos componentes, dispositivos ou carcaças foram substituídas;
- Certifique-se de que os manuais, catálogos, etc., adequados estão presentes onde necessários;
- Certifique-se de que os cilindros de fluido frigorífico não estão sendo armazenados na área em questão;
- Verifique-se todos os equipamentos estão aterrados;
- Certifique-se de que os suportes de montagem do sistema e componentes estejam fixados adequadamente.

Adote a boa prática de desenvolver um "check list", que contenha esses itens, para que os técnicos anotem as verificações relevantes executadas.

### 6.1.14 Detecção de gás

Detecção de fluido frigorífico é um requisito essencial para os técnicos trabalharem em sistemas que utilizam fluido frigorífico inflamável. Antes, durante e após a execução de qualquer tipo de serviço a área deve ser verificada com um detector de fluido frigorífico adequado para garantir que o técnico esteja ciente de ambientes potencialmente inflamáveis.

Certifique-se de que o equipamento de detecção de gás utilizado seja adequado para a utilização com fluido frigorífico inflamável, conforme determinado pelo fabricante ou fornecedor do detector. Sob nenhuma circunstância as fontes potenciais de ignição devem ser utilizadas para a busca ou detecção de fluido frigorífico. O detector hálide (lamparina), ou qualquer outro detector que utilize chama aberta, não deve ser utilizado para detectar fluido frigorífico inflamável.

Detectores de gás eletrônicos podem ser utilizados normalmente para detectar fluido frigorífico inflamável. No entanto, a documentação ou fabricante do equipamento em questão deve ser consultado para verificar se são adequados para fluido frigorífico HC. Em alguns casos, o detector pode requerer uma recalibração (que deve ser feita em uma área isenta de fluido frigorífico). O equipamento de detecção de gás deve ser ajustado com base em uma porcentagem de LII do fluido frigorífico e calibrado de acordo com o fluido frigorífico usado, e a porcentagem adequada de gás (máxima de 25 % de LII) deve ser confirmada.

Se houver suspeita da presença de fluido frigorífico todas as chamas abertas ou outras fontes potenciais de ignição devem ser removidas e ou apagadas.

### 6.1.15 Manuseio do cilindro

Os fluidos frigoríficos HCs estão disponíveis em diversos tamanhos de cilindros, tanto descartáveis como com possibilidade de refil, dependendo do fabricante. A maioria dos cilindros com possibilidade de refil é equipado com válvulas de alívio de pressão e alguns cilindros usam conexões de cilindro especiais (exclusivas) para se diferenciarem de outros cilindros de fluido frigorífico, portanto, reduzindo a possibilidade do usuário confundir os diversos tipos de cilindros. Alguns cilindros também são equipados com uma válvula automática de fluxo excedente entre a válvula de liquido que fechará a válvula se o fluxo de fluido frigorífico fluir para fora do cilindro muito rapidamente (por exemplo, se a mangueira de fluido frigorífico se desconectar).

Muitos dos requisitos correspondentes ao manuseio de cilindros de gás inflamável são determinados por regulamentações nacionais e tais requisitos devem ser verificados de acordo com cada situação nacional. Caso contrário, siga as seguintes orientações gerais para o manuseio de cilindro de fluido frigorífico com segurança:

- Não remova nem danifique a etiqueta oficial em um cilindro de forma que prejudique sua leitura;
- Sempre recoloque a tampa da válvula quando o cilindro não estiver sendo utilizado;
- Verifique a condição da rosca e certifique-se de que esteja limpa e não esteja danificada;
- Não exponha cilindros a fontes diretas de calor tais como vapor ou aquecedores elétricos (qualquer aparelho que utilize resistência elétrica);
- Não repare nem modifique os cilindros ou válvulas dos cilindros;
- Sempre utilize um carrinho adequado para mover os cilindros mesmo que para uma distância curta – nunca role os cilindros pelo piso;
- Tome precauções para evitar que óleo, água ou matérias estranhas entrem no cilindro;
- Se for necessário aquecer o cilindro, utilize água quente ou ar, nunca utilize chamas abertas ou aquecedores elétricos, a temperatura da água ou do ar não deve exceder 40 °C;
- Sempre pese o cilindro para verificar se está vazio – a pressão não é uma indicação precisa da quantidade de fluido frigorífico que permanece no cilindro;
- Utilize apenas cilindros de recolhimento específicos para o recolhimento de fluido frigorífico HC;
- Sempre verifique se o cilindro não está com a data obrigatória de verificação de segurança ou de teste de pressão vencida;
- Certifique-se de que o cilindro não esteja sendo utilizado para um fluido frigorífico diferente do especificado para esse cilindro.

O armazenamento dos cilindros de fluido frigorífico também é normalmente controlado por regulamentações nacionais; no entanto, as seguintes orientações apresentam alguns aspectos mais típicos:

- Os cilindros devem ser armazenados em áreas ou locais cercados os quais são específicos e dedicados para esse tipo de produto, e de preferência esse ambiente deve estar localizado ao céu aberto, mas em local seco, bem ventilado e distante do risco de incêndio;
- O acesso a áreas de armazenamento deve ser restrito a apenas pessoas autorizadas, sendo que tais áreas devem ter sinalização sobre a proibição de fumar e utilização de chamas abertas;
- Eles devem ser armazenados no nível do solo, nunca em porões;
- O acesso aos cilindros deve ser prontamente acessível;
- Nunca armazene cilindros em locais residenciais;
- Utilize e armazene cilindros na posição vertical;
- A quantidade total armazenada é normalmente restrita a não mais que um determinado limite (por exemplo, 70 kg no Reino Unido);
- O acúmulo de eletricidade estática deve ser evitado.

O transporte dos cilindros também é normalmente controlado por regulamentações nacionais específicas de cada país.

Os requisitos para os cilindros de fluido frigorífico HC são normalmente os mesmos que aqueles para GLP, propano e butano utilizados para combustível, etc. A lista de regras abaixo pode ser amplamente aplicável em muitos países:

- Conter informações por escrito em detalhes das substâncias transportadas, tais como FISPQ (Ficha de informação de segurança de produtos químicos) ou similar, pois essas informações devem estar disponíveis em caso de emergência. Assim sendo, elas devem estar localizadas em uma posição visível e acessível e, frequentemente, aplicáveis aos veículos que estejam transportando uma quantidade de gás inflamável acima da quantidade preestabelecida;
- Conhecer e compreender os riscos e procedimentos de emergência quanto ao manuseio dessas substâncias;
- Carregar um extintor de incêndio de pó seco com pelo menos 2 kg de capacidade; recomenda-se que o motorista do veículo seja treinado quanto à utilização prática de extintores de incêndio;
- Os cilindros devem estar localizados em uma posição vertical, com sua válvula para cima, e devidamente fixados;
- Certifique-se que há uma ventilação adequada no veículo. Isso pode exigir modificações no veículo, como no caso de uma van fechada;
- Coloque placas de aviso sobre perigo de gás inflamável na traseira do veículo;
- Não é permitido fumar nem utilizar chamas abertas dentro do veículo;
- Nunca deixe os cilindros em um veículo fechado sem supervisão, por um tempo maior que o necessário.

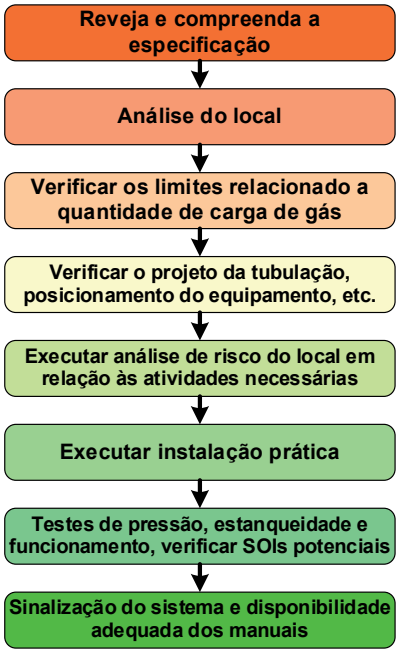
Recomenda-se que o fornecedor de fluido frigorífico seja consultado para se obter as regras específicas de um determinado país.

# 6.2 INSTALAÇÃO DO EQUIPAMENTO

## 6.2.1 Introdução

A instalação aborda diversas atividades desde a análise do local de trabalho até a garantia de que os manuais adequados estejam acessíveis e em suas devidas localizações. Todo o processo de instalação é realizado de forma crítica quanto à garantia de segurança a longo prazo do equipamento, por exemplo, garantindo que os recursos de segurança previstos no projeto sejam corretamente implementados dentro da planta. O procedimento geral – com relação a questões de segurança – para o processo de instalação é indicado na Figura 68.

Figura 68: Procedimento geral para a instalação de sistemas e equipamentos


Reveja e compreenda a especificação
Análise do local
Verificar os limites relacionado a quantidade de carga de gás
Verificar o projeto da tubulação, posicionamento do equipamento, etc.
Executar análise de risco do local em relação às atividades necessárias
Executar instalação prática
Testes de pressão, estanqueidade e funcionamento, verificar SOIs potenciais
Sinalização do sistema e disponibilidade adequada dos manuais

Dependendo do tipo do equipamento a ser instalado (por exemplo, aparelhos independentes do tipo "stand-alone", aparelhos com conexão de tubulação, sistema remoto com tubulação ou sistema totalmente integrado) o procedimento a ser realizado pode ser ajustado de acordo com o necessário.

## 6.2.2 Preparação

Os estágios preparatórios são importantes porque eles influenciam tanto a segurança das atividades da instalação existente como auxiliam a identificar qualquer incompatibilidade fundamental entre o equipamento a ser instalado e o local de instalação.

Inicialmente é importante para a pessoa responsável, que estiver supervisionando todo o projeto, estudar a especificação do projeto da instalação (ou instruções no caso de instalação de aparelhos) e entender totalmente o objetivo, operação e requisitos de periféricos dos equipamentos e os componentes correspondentes.

Da mesma forma, é necessária uma análise do local para familiarização com a localização de instalação e possibilitar a identificação de qualquer possível engano com relação ao equipamento a ser instalado. Sempre execute uma avaliação de riscos para decidir se o local está preparado para a utilização de HC e para o tipo de aplicação em questão.

### 6.2.3 Conformidade com as orientações de segurança

Uma vez compreendidos os requisitos gerais do projeto é necessário executar uma verificação para garantir que a instalação projetada atenderá aos requisitos das orientações técnicas determinadas, tais como normas e regulamentações de segurança. Apresentamos a seguir um resumo dos aspectos-chave a serem considerados:

Mais detalhes podem ser encontrados na Parte 5.

**Quantidade de carga de fluido frigorífico**

Em geral a massa de fluido frigorífico HC dentro dos sistemas é limitada, e isso normalmente ocorre de acordo com o tipo de sistema, localização e tamanho do espaço, especificamente, com relação às áreas ocupadas. No caso de sistemas dentro de espaços ocupados, uma quantidade máxima de carga de fluido frigorífico é especificada para um determinado tamanho de ambiente ou, como alternativa, um tamanho mínimo de ambiente é especificado para uma determinada quantidade de carga de fluido frigorífico. Para realizar esse procedimento duas características devem ser levadas em consideração:

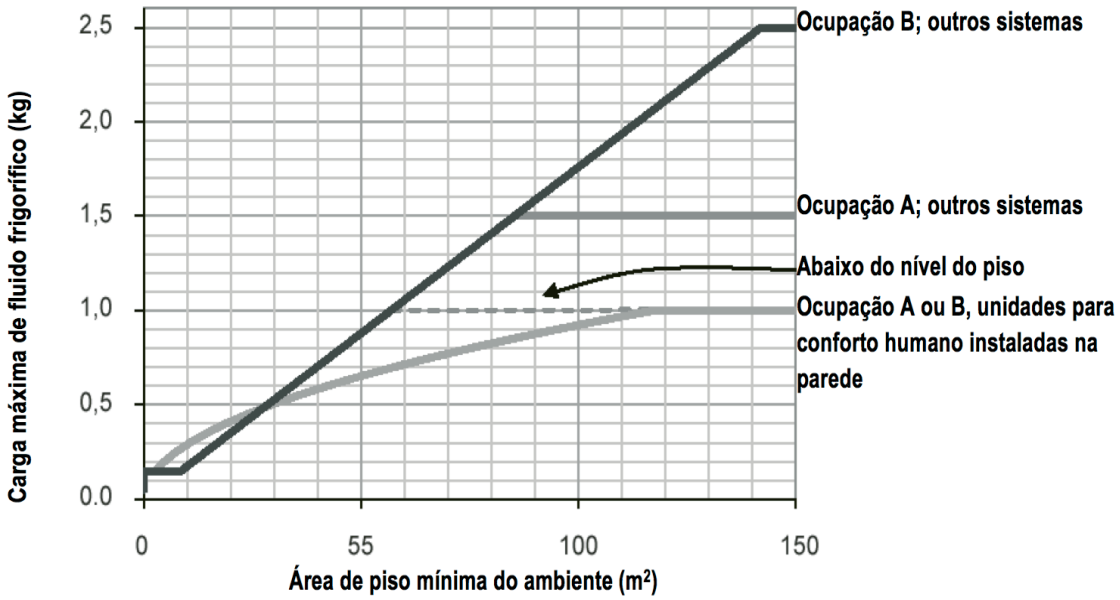
- A primeira é um limite superior da quantidade de carga de fluido frigorífico que pode ser determinado em função do tipo de local e sua ocupação;
- O segundo é uma quantidade permitida de carga de fluido frigorífico, em função do tamanho do ambiente em que o fluido frigorífico poderia permanecer no caso de um vazamento.

Valores aproximados para ocupações públicas (A) e particulares (B) são informados resumidamente na Figura 69. Além disso, outros limites também são aplicáveis, tais como:

- Se todo o sistema está localizado dentro de um compartimento ventilado e especialmente construído para espaços ocupados esse sistema pode ter até 5 kg de fluido frigorífico;
- Para qualquer sistema localizado abaixo do nível do solo os limites superiores são de 1 kg, independentemente do tipo de ocupação;
- Se todas as partes contendo fluido frigorífico estiverem dentro de uma sala de máquinas ou externamente, em local aberto, então a quantidade de carga de fluido frigorífico não precisa ser limitada;
- Se a quantidade de carga de fluido frigorífico for menor que 150 g, então não há limites.

Observe que esses limites são aplicáveis a para cada circuito do sistema e, dessa forma, como o sistema possui dois circuitos independentes de fluido frigorífico, o limite da quantidade de carga de fluido frigorífico é aplicado a cada um individualmente. Consulte a Parte 5.3 para obter requisitos detalhados.

Figura 69: Resumo de limites de quantidade de carga de fluido frigorífico HC para um circuito único dentro de um espaço ocupado, de acordo com o tipo de sistema




**Minimização de vazamento**

Os sistemas devem ser projetados para minimizarem a possibilidade de vazamento. Isso inclui evitar conexões mecânicas, não utilizar plugue fusível, usar proteção contra corrosão e danos mecânicos adequadamente, etc.

O projeto geral do sistema, a tubulação, as válvulas e a seleção dos componentes são abordados na Parte 5.2.

**Posicionamento do equipamento e tubulação**

Há diversas regras gerais que devem ser aplicadas para o posicionamento das partes que contêm fluido frigorífico. Isso inclui restrições para a passagem de tubulação por meio de outros espaços (que não sejam apropriados para o sistema de RAC) e sistemas de dutos e de poços de serviço ("shafts"), a localização de dispositivos de alívio de pressão e saídas, a localização de condensadores e outras peças externas do sistema para o caso de uma ocorrência de vazamento de fluido frigorífico penetrar em outras partes do edifício. Encontre mais detalhes na Parte 5.6.

**Fontes de Ignição**

Todos os sistemas não devem possuir fontes de ignição (SOI), tais como componentes elétricos causadores de faíscas ou superfícies quentes. Todas as peças do equipamento devem ser verificadas para garantir que os componentes elétricos ou outros estejam em conformidade com os requisitos, tais como os descritos na Parte 5.3. Em resumo, isso significa o seguinte:

- Cumprir com as partes designadas pela IEC 60079, ou norma equivalente, que prevê a adequação dos componentes elétricos para a utilização em uma área onde possa haver uma atmosfera explosiva, ou;
- Não localizá-los em uma área onde possa haver um acúmulo de mistura de gás inflamável conforme constatado por meio de testes.

Normalmente, para sistemas maiores, na possibilidade de um vazamento catastrófico em que a concentração de gases fluidos frigoríficos exceda o LII, os equipamentos elétricos devem ser selecionados de acordo com os requisitos para atmosferas explosivas.

Os componentes elétricos devem ser selecionados e/ou posicionados cuidadosamente. Além disso, cuidados devem ser tomados para garantir que os terminais elétricos, incluindo terminais de capacitores, estejam adequadamente apertados e fixos sem a possibilidade de apresentar folgas e que haja isolamento adequado para evitar que peças energizadas entram em curto circuito entre si.

Dependendo do método utilizado para evitar fontes de ignição, a integridade dos componentes durante o tempo de vida do equipamento deve ser considerada. O desgaste de um equipamento, seja por meio de intempéries ou corrosão pode comprometer o sistema e torná-lo inseguro. Da mesma forma que os componentes que poderiam ser afetados posteriormente devem ser instalados de tal forma que não seja possível serem reposicionados nem afetados de tal modo a se tornarem inseguros.

**Sala de máquina ou compartimentos**

Se for usado um equipamento fechado por um gabinete especial e localizado dentro de uma sala de máquina, ele deve atender às regras, conforme detalhadas na Parte 5.6.4. Em geral essas regras, abordam o seguinte:

- Evitar SOIs potenciais;
- Utilizar uma vazão mínima de ar para a ventilação normal e de emergência;
- Utilizar meios adequados de iniciar a ventilação, tais como pressostatos de ar ou detectores de gás;
- Aberturas mínimas nas paredes para auxiliar com a ventilação natural;
- Proteção contra explosão.

**Controles de segurança**

Um determinado número de componentes e sistemas de controle correspondentes, podem ser utilizados para aumentar o nível de segurança da instalação, tais como:

- Pressostatos;
- Dispositivos de alívio de pressão;
- Chaves de fluxo;
- Dispositivos indicadores de nível de líquido;
- Indicadores de pressão (manômetros);
- Detectores de gás.

Deve-se garantir que esses componentes estejam devidamente instalados conforme necessário.

## 6.2.4 Local de trabalho

Isso envolve atividades práticas executadas atualmente pelos técnicos e engenheiros de instalação. Antes de iniciar os serviços, as áreas de trabalho e onde os equipamentos serão instalados devem ser verificadas para garantir que estejam seguras. Conforme os seguintes exemplos:

- Certificar-se de que aqueles que irão trabalhar no local estejam familiarizados com os riscos relacionados aos fluidos frigoríficos inflamáveis e que todos os técnicos que manuseiam fluidos frigoríficos HCs sejam competentes para a execução do serviço e que haja uma supervisão adequada;
- Certificar-se de que todos os equipamentos e ferramentas necessários estejam disponíveis para a execução do trabalho, tais como detectores de gás manual (portátil) nitrogênio seco sem oxigênio, equipamento adequado para realização da carga de fluido frigorífico, etc.;

- Os componentes, tubos, acessórios e materiais devem estar em conformidade com as especificações e normas;
- Certificar-se de que as substâncias inflamáveis (fluidos frigoríficos ou outras) estejam armazenadas corretamente;
- Todos os funcionários que estiverem trabalhando na área devem ser instruídos e estar cientes de que será instalado um sistema com HC na área em questão, e assim poderão tomar cuidados especiais, tais como "não fumar";
- Extintores de incêndio do tipo CO2 ou de pó seco devem ser mantidos próximos à área de instalação para atender qualquer emergência.

Em geral, sempre execute uma avaliação de risco para decidir se está tudo em ordem para o manuseio de fluido frigorífico HC no local. Encontre mais detalhes na Parte 6.1.2.

### 6.2.5 Realização de testes

Após a conclusão da montagem do equipamento, os testes necessários devem ser executados no sistema. Especificamente, isso inclui o seguinte:

- Teste de estanqueidade ("vazamento") (veja a Parte 6.1.8);
- Teste de resistência (pressão) (veja a Parte 6.1.9);
- Teste de funcionamento dos dispositivos de segurança, tais como pressostatos, detectores de gás, ventilação de emergência, etc.

Além disso, todos os componentes elétricos devem ser verificados para garantir que eles não são, nem possuem, nenhuma fonte potencial de ignição.

### 6.2.6 Sinalização e documentação

Todas as sinalizações e documentações necessárias devem estar devidamente acessíveis e em locais próprios de modo que, após a conclusão da instalação todas as instruções necessárias, estejam disponíveis para garantir que qualquer um que se aproximar da instalação estará totalmente ciente dos riscos e da conduta adequada:

- Avisos nos gabinetes dos equipamentos, incluindo avisos de "gases inflamáveis", "leia as instruções", "não remover", "não há fontes de ignição", "acesso apenas às pessoas autorizadas", etc;
- Manuais de instrução de instalação e operação, FISPQ (Ficha de informação de segurança de produtos químicos), manual e registros de manutenção, manual de orientações sobre trabalho seguro, etc.

Mais detalhes podem ser encontrados na Parte 5.7.

## 6.3 COMISSIONAMENTO DE SISTEMAS E INSTALAÇÕES

### 6.3.1 Introdução

O comissionamento é o avanço de uma instalação da conclusão do seu estado estático a uma condição totalmente pronta para entrar em operação, conforme os requisitos especificados que incluem a configuração para entrada em trabalho de uma instalação e o ajuste do sistema. O procedimento geral será descrito aqui, mas será concentrado apenas nas implicações resultantes da utilização de fluidos frigoríficos inflamáveis.

Qualquer instalação que for completada, incluindo um sistema completo de refrigeração, deve ser comissionada em termos de verificação em relação aos seus desenhos e suas especificações operacionais adequadas, pois isso deve ser feito antes do sistema ser colocado em operação. É importante prestar atenção especial aos requisitos de segurança no caso do uso de fluidos frigoríficos inflamáveis.

O comissionamento só pode ser executado por uma pessoa competente e os resultados devem ser documentados antes que o sistema seja colocado em operação. Uma única pessoa competente deve ter autoridade total sobre o processo de comissionamento. O comissionamento só deve ser executado de acordo com a especificação de comissionamento, que prescreve os requisitos detalhados aos quais diversos serviços de comissionamento precisam atender.

O comissionamento adequado do equipamento de refrigeração é crucial para garantir a operação correta dos recursos usados para manter a segurança e minimizar o risco para o próprio sistema de refrigeração e evitar uma operação anormal que possa comprometer a segurança. Um sistema de refrigeração comissionado inadequadamente pode comprometer a segurança dos ocupantes de um edifício e dos funcionários da manutenção. A inconclusão ou a realização incompleta do procedimento de comissionamento são frequentes, devido à pressão do usuário final e/ou de outros interessados que desejam ter o sistema operando o mais breve possível, principalmente quando já houve atrasos durante a fase de instalação. Infelizmente, a instalação não atingirá seu melhor desempenho caso haja uma restrição no seu programa de comissionamento, podendo comprometer gravemente o nível de segurança.

A responsabilidade para executar um comissionamento é normalmente uma questão contratual e as partes envolvidas em qualquer atividade devem atender aos requisitos relevantes do contrato. De qualquer forma a operação do sistema e os recursos usados para manter a segurança deverão sempre ser analisados ou executados por especialistas e, por esse motivo, o projeto, a instalação e, principalmente, o comissionamento de um sistema geralmente deverá ser executado por uma pessoa competente seja o fabricante do equipamento de refrigeração e/ou um consultor e/ou uma empresa contratada. Diversas qualificações serão envolvidas e uma coordenação rigorosa e formal entre os envolvidos deve ser definida na documentação do contrato.

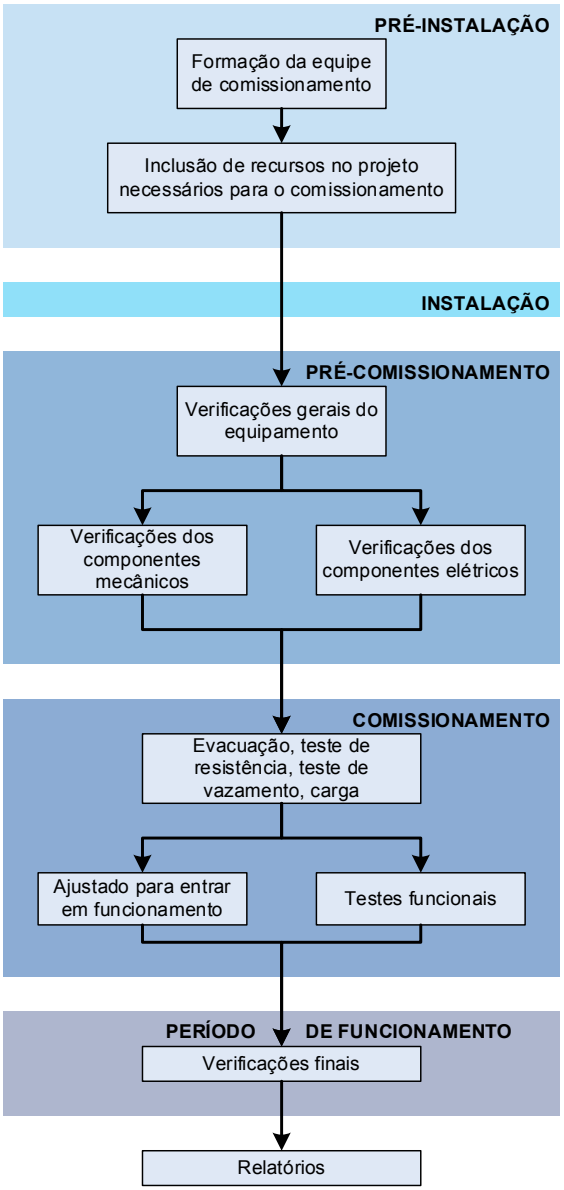
Normalmente, os requisitos para procedimentos de comissionamento mais abrangentes aumentam o tamanho e a complexidade da instalação. Para os projetos maiores deve-se formar uma equipe de gestão de comissionamento para coordenar e supervisionar o processo de comissionamento. A Figura 70 apresenta uma visão geral do procedimento de comissionamento para instalações de grande porte, pois projetos menores ou aparelhos podem omitir alguns estágios.

### 6.3.2 Requisitos de comissionamento

Os seguintes pontos resumem os requisitos principais para um processo bem sucedido de comissionamento:

- O equipamento deve ser comissionado conforme suas próprias características, o que deve ser especificado no início do projeto do equipamento;
- Todas as partes envolvidas devem permitir um tempo suficiente para um processo de comissionamento completo e integrado com a programação geral;
- Formação de uma equipe de gestão de comissionamento;
- Garantir que todos os trabalhadores envolvidos sejam adequadamente competentes;
- Realizar o máximo possível de atividades de pré-comissionamento fora do local de instalação se possível;
- Implementar verificações pós-ocupação para confirmar o desempenho dos controles e verificação de vazamento de fluido frigorífico.

Figura 70: Visão geral e sequência dos estágios mais importantes envolvidos no comissionamento




É de importância fundamental que os resultados de todas as verificações e medições sejam registrados por escrito pelo engenheiro de comissionamento, juntamente com qualquer comentário, conforme necessário. Interrupções na continuidade das operações do comissionamento normalmente podem ocorrer e os registros adequados mostram o estado do andamento de cada estágio do processo. Normalmente, a disponibilização de registros de comissionamento é uma parte importante das informações entregues ao usuário do edifício.

### 6.3.3 Aspectos preliminares do projeto

Para garantir um comissionamento adequado, as informações devem ser providenciadas pelo engenheiro. Elas devem ser entregues tanto em forma de desenhos ou especificação de projeto. Em caso de especificação de projeto deverá haver uma descrição clara dos objetivos, de como o sistema deve operar, incluindo os parâmetros de projeto. O sucesso e a viabilidade dos procedimentos do comissionamento serão influenciados pela infraestrutura das instalações disponibilizadas no projeto.

O sistema de refrigeração e o equipamento devem ser projetados e instalados com todos os componentes e toda a infraestrutura necessária bem como o acesso adequado para permitir que os procedimentos do comissionamento sejam executados corretamente. É essencial o uso de controles e intertravamentos de segurança adequados para protegerem o equipamento durante a operação e durante todo o processo de comissionamento.

Os detalhes relacionados às seguintes atividades devem ser incluídos na especificação de refrigeração:

- Descrição da divisão de responsabilidade das diversas partes envolvidas;
- Procedimentos de pré-comissionamento no local e fora do local;
- Procedimentos de comissionamento no local;
- Providências para a gestão de atrasos;
- Requisitos da fase de conclusão;
- Envolvimento com todos os testes de desempenho seja de um sistema completo ou de um subsistema;
- Documentação do sistema;
- Requisitos de treinamento de operadores antes e durante o período de comissionamento (pode também haver requisitos para treinamento do operador após a conclusão e entrega da instalação comissionada);
- Verificações relacionadas à pós-ocupação.

### 6.3.4 Especificação

Para comissionar um sistema de refrigeração a equipe de comissionamento deve estar ciente de todos os detalhes relacionados com o projeto/especificação do sistema. Os detalhes relativos à instalação de refrigeração e/ou sistema a ser comissionado devem ser fornecidos ao engenheiro de comissionamento. Essas informações sobre a especificação devem incluir o seguinte:

- Todos os detalhes do fluido frigorífico, seu número R, sua classificação de segurança, a quantidade de circuitos, a quantidade de carga de fluido frigorífico de cada circuito e se o sistema já é fornecido com a carga completa de fluido ou apenas com uma carga inicial;
- Uma descrição completa do equipamento e operação do sistema de refrigeração, explicando o sistema e lógica de controle;
- Detalhes completos e todas as instruções relativas à segurança tanto para o funcionamento normal do sistema de refrigeração como para ocorrências que possam surgir resultantes de falhas ou acidentes;
- Esquema completo do sistema de refrigeração, utilizando gráficos e símbolos reconhecidos pela indústria, principalmente quanto à localização das partes que contenham fluido frigorífico, para que possam ser identificadas com relação aos diferentes tipos de ocupação;
- Referência aos códigos de segurança, normas e outras orientações por meio das quais o sistema foi projetado.

As informações disponibilizadas devem abordar a tubulação do fluido frigorífico e acessórios, identificando o que foi feito durante a fabricação e o que foi instalado no local. Onde houver um tubo de fluido frigorífico instalado no local, o desenho esquemático deve incluir o seguinte:

- Detalhes sobre qualquer tubulação de distribuição de fluido frigorífico, localização das válvulas, conexões mecânicas, instrumentação, dispositivos de segurança e acessórios;
- Detalhes sobre todo o sistema de detecção de vazamento de fluido frigorífico, juntamente com as quantidades de sensores e alarmes sonoros ou indicadores, ventiladores de exaustão, sistema de dutos e descrição de suas localizações;

- Detalhes sobre qualquer outro tipo de sistema relacionado com sistema de refrigeração, tais como dispositivos de alívio de pressão ou outro tipo de sistema de dutos;
- Informações do fabricante sobre configurações/parametrizações do equipamento para seu correto funcionamento, instruções de operação e manutenção, etc.;
- Informações do fabricante sobre a especificação da configuração dos dispositivos de segurança;
- Informações sobre temperatura e pressão de projeto, bem como vazões sob condições nominais de operação para todos os fluidos, de acordo com a indicação e pontos de medição definidos;
- Outras considerações ambientais que possam ser relevantes.

Informação relativa aos componentes elétricos (e outras fontes potenciais de ignição) também devem ser apresentadas, tais como:

- Uma lista de todos os componentes elétricos, identificando quais foram especialmente selecionados ou posicionados de modo a não serem uma fonte potencial de ignição;
- O tipo de proteção para cada componente elétrico, onde aplicável;
- Detalhes de dispositivos de proteção elétrica para o compressor e outros motores;
- Configurações de projeto para os relés de partida e sobrecarga e qualquer tipo de relé térmico ajustável.

### 6.3.5 Pré-comissionamento

Para minimizar o tempo de comissionamento no local e ajudar a eliminar efeitos desfavoráveis provenientes da redução na escala de tempo do comissionamento, deve-se executar o máximo possível de pré-comissionamento fora do local. O objetivo do pré-comissionamento é o de verificar se o equipamento e se o sistema está em uma condição satisfatória e segura para iniciar o serviço. O ideal é que o especialista designado para o comissionamento seja um membro da equipe e que supervisione esse serviço, e que esse serviço também seja considerado em uma parte do contrato de comissionamento. Essas verificações devem ser executadas um pouco antes do início da operação da instalação:

- Todo o local em volta da instalação deve estar limpo e sem entulhos ou resíduos;
- Garantir que o equipamento, a tubulação, o cabeamento elétrico estejam todos corretamente etiquetados;
- O equipamento embalado deve ser entregue no local sem nenhuma avaria devido ao transporte.

Deve-se estabelecer uma relação entre a instalação atual e os requisitos relacionados às regras de segurança. Dessa forma, é importante que uma série de regras sejam comunicadas aos trabalhadores envolvidos no comissionamento – podendo ser uma norma de segurança, interpretações de regulamentações de segurança, códigos industriais de práticas ou orientações desenvolvidas internamente. Especificamente, os seguintes aspectos devem ser verificados:

- Evitar roscas ou outras conexões mecânicas onde estiver especificado;
- A tubulação deve passar somente através de áreas permitidas, ou por meio de dutos, de acordo com as regras relevantes;
- Proteção adequada contra danos externos, corrosão ou ajustes indevidos;
- A carga (massa) de fluido frigorífico deve estar dentro dos limites de quantidade de carga permitida, principalmente se o equipamento estiver posicionado abaixo do nível do piso;
- As partes que contêm fluido frigorífico devem estar posicionadas somente em locais permitidas;

- Todos os dispositivos de segurança para controle de pressão, indicadores de pressão (manômetros), indicadores de nível, etc., devem ser incluídos, conforme necessário;
- Deve-se adotar as regras para evitar fontes potenciais de ignição;
- Caso o sistema esteja localizado em locais externos, deve-se verificar com uma atenção especial para onde exatamente os fluidos frigoríficos irão fluir em caso de um vazamento e, também, para onde será direcionada a descarga do sistema de exaustão/ventilação de emergência;
- Caso necessário deve-se construir uma sala de máquina ou compartimento para o equipamento;
- Todas as marcações e sinalizações relevantes devem ser aplicadas conforme o necessário, tais como adesivos indicando: "gás inflamável", "entrada apenas de pessoas autorizadas";
- Todas as instruções relevantes e manuais devem estar em seus devidos lugares e conter as informações e orientações necessárias.

As seguintes verificações devem ser executadas após a instalação do sistema de refrigeração:

- Certifique-se de que a tubulação foi completamente instalada e fixada com segurança;
- Certifique-se de que as válvulas foram fornecidas conforme especificadas e com as tampas de vedação firmemente apertadas e vedadas;
- Certifique-se de que todas as conexões flangeadas estão corretamente alinhadas com as suas devidas juntas corretamente instaladas;
- Os tubos capilares não devem estar danificados ou torcidos;
- Certifique-se de que as conexões para purga, carga de fluido frigorífico e recolhimento ("pump-down") foram fornecidas corretamente;
- Certifique-se de que os dispositivos de segurança estão corretamente instalados e montados, por exemplo, pressostato de baixa (desarme em baixa pressão), pressostato de alta (desarme em alta pressão), pressostato diferencial de óleo (se fornecido) e, termostato de baixa temperatura de água gelada, chave de fluxo, para baixa vazão de água, e válvulas solenoides na linha de líquido, para evitar partida inundada;
- Certifique-se de que os mecanismos de controle automático foram fornecidos, e de que as válvulas solenoides foram fornecidas com as bobinas devidamente instaladas;
- Certifique-se de que o visor de líquido, e indicadores de nível de líquido, foram fornecidos corretamente;
- Certifique-se de que os manômetros de sucção, descarga e pressão de óleo, ou se alguma forma de leitura digital no controlador do equipamento foram instalados, ou se há alguma conexão externa para leitura de pressão;
- Certifique-se de que as válvulas de alívio estão dimensionadas corretamente e com a sua descarga para uma localização segura;
- Certifique-se de que as conexões flexíveis de fluido frigorífico foram verificadas contra tensão e atrito.

As seguintes verificações dos equipamentos elétricos devem ser executadas após a instalação do sistema de refrigeração. Observe que no caso de todos os equipamentos ou componentes, que estiverem incorporados no sistema de refrigeração, as verificações são inicialmente de responsabilidade do fabricante.

Com todas as fontes de alimentação elétrica desligadas, realize as seguintes atividades:

- Certifique-se de que todos os terminais estão fixos e firmemente apertados em suas devidas posições;
- Certifique-se de que o painel de controle esteja livre de materiais estranhos (fios, lascas de metais, etc.), executando uma limpeza, se necessária;
- Verifique se os cabos principais de energia elétrica estão devidamente conectados;

- Verifique se todas as fontes de alimentação de energia elétrica do sistema de refrigeração proveem de um ponto de isolamento;
- Verifique se o terminal de aterramento do sistema está devidamente conectado a um ponto adequado de aterramento e certifique-se de que todas as conexões internas de aterramento estejam firmemente apertadas;
- Verifique o cabeamento proveniente de todos os dispositivos ligados por cabo, tais como o pressostato de alta;
- Certifique-se de que os desarmes remotos de sobrecarga estejam corretamente ajustados para os motores do compressor e das bombas de óleo;
- Ajuste o dispositivo de limitação de corrente (se fornecido) para permitir uma operação com 100% de carga sem interrupção;
- Verifique se os intertravamentos mecânicos não foram ajustados indevidamente durante o período de preparação/configuração;
- Certifique-se de que todas as vedações dos componentes elétricos estão devidamente aplicadas e não estão danificadas.

Com as fontes de alimentação elétrica ligadas, realize as seguintes atividades:

- Verifique se a tensão nominal está disponível em todas as fases da alimentação elétrica;
- Sempre que necessário, verifique se os dispositivos de segurança desarmam o sistema conforme suas configurações/ajustes;
- Sempre que a alimentação elétrica do motor apresentar uma partida com uma tensão consideravelmente alta ou baixa, ou houver algum problema no intertravamento elétrico, a lógica do circuito de controle e a partida do motor devem ser testadas antes do motor começar a funcionar (por exemplo, configurar qualquer tipo de atraso (“delay”) de partida do motor);
- Além da partida do motor do compressor, certifique-se de que qualquer outro tipo de controle elétrico esteja funcionando corretamente, por exemplo, a válvula solenoide na linha de líquido, aquecedor elétrico do controle de falta de óleo;
- Verifique se todos os contatores, relés e intertravamentos elétricos estão funcionando corretamente.

Algumas verificações operacionais devem ser executadas, tais como:

- Verifique os ajustes e simule a atuação de todos os dispositivos de segurança e controles automáticos do sistema auxiliar que atende aos sistemas de refrigeração para garantir um funcionamento correto de ambos os sistemas;
- Verifique a funcionamento dos ventiladores e se eles estão obtendo uma vazão mínima ao longo do sistema de dutos;
- Verifique os sistemas de detecção de gás, a ativação automática de alarmes, os procedimentos de desarme/rearme do sistema de ventilação/exaustão, etc.

### 6.3.6 Manuseio do fluido frigorífico

O sistema de refrigeração pode sair montado de fábrica e embalado ou pode ser montado no próprio local que ele permanecerá funcionando. Independentemente do caso, as seguintes verificações são necessárias em algum estágio antes do funcionamento do sistema.

Para sistemas montados de fábrica:

- Observe as leituras de pressão; se as leituras estiverem abaixo das especificadas pelos dados do fabricante e temperatura ambiente, os testes de vazamento do sistema precisarão ser executados novamente, se as pressões em algumas partes do sistema forem nominalmente atmosféricas, deve-se então executar novamente a evacuação e também a carga de fluido frigorífico;
- Se as pressões estiverem conforme os dados do fabricante para o sistema e a temperatura ambiente, então, não serão necessários testes de pressão e evacuação, mas se o sistema apresentar somente uma carga de fluido frigorífico inicial, então será necessário uma carga de fluido adicional;
- Em qualquer caso, recomenda-se um teste de vazamento em todas as conexões antes da aplicação de uma carga completa.

Procedimento para sistemas montados no local:

Antes de colocar qualquer sistema de refrigeração em serviço, todos os componentes (ou o sistema todo) devem passar pelos seguintes testes, onde for necessário:

- Teste de resistência de pressão;
- Teste de vazamento (teste de estanqueidade);
- Realização da evacuação (veja a Parte 6.1.10);
- Realização da carga de fluido frigorífico (veja a Parte 6.1.11);
- Teste de funcionamento dos dispositivos de segurança.

Finalmente, o teste de toda a instalação deve ser concluído antes do funcionamento normal do sistema.

### 6.3.7 Configurações e ajustes

Antes de partir o compressor pela primeira vez, (o compressor pode ter funcionado brevemente durante a realização da carga de fluido frigorífico) uma verificação visual deve ser executada em todo o sistema e, principalmente, todos os dispositivos de segurança do sistema de refrigeração devem estar aptos a executarem um ciclo completo de operação.

Execute o seguinte:

- Ajuste os controles de pressão do fluido frigorífico de acordo com as instruções do fabricante ou certifique-se de que os ajustes de fábrica não tenham sido alterados;
- Ajuste o pressostato de alta de acordo com os ajustes especificados pelo fabricante;
- Se for utilizada a reinicialização automática (“reset automático”), certifique-se de que não ocorra um ciclo muito curto. Ou, se instalado o dispositivo de atraso (“delay”) na partida, certifique-se de que ele esteja ajustado corretamente;
- Verifique todas as luzes (“leds”) de aviso, o timer (para limitar o número de partidas por hora do compressor) e o desarme do motor devido à alta temperatura do seu enrolamento.

Imediatamente antes de iniciar uma operação de teste contínua no sistema de refrigeração, verifique o seguinte:

- Certifique-se de que todas as válvulas de fechamento instaladas no circuito de refrigeração estão na posição aberta, exceto no caso das válvulas de desvio ("by-pass"). Certifique-se, principalmente, de que a válvula da linha de líquido do condensador esteja aberta;
- Certifique-se de que as válvulas de sucção e descarga do compressor estão abertas;
- Certifique-se de que as válvulas do manômetro de sucção e descarga de óleo estão abertas;
- Certifique-se de que as válvulas solenoides do evaporador estão sendo operadas pela bobina magnética;
- Certifique-se de que os controles de pressão do fluido frigorífico estejam ajustados, assim como o controle de pressão do óleo, o termostato de proteção contra congelamento e/ou o pressostato de proteção contra congelamento.

### 6.3.8 Partida, parada e operação inicial do sistema

Efetue a partida do sistema conforme instruído pelo fabricante ou de acordo com as especificações do projetista do sistema. Após a operação da máquina durante aproximadamente 10 minutos, observe as leituras de corrente de partida do motor e do manômetro. Verifique novamente a função de desarme dos pressostatos e certifique-se de que a máquina seja desenergizada. Registre os ajustes operacionais. E finalmente o sistema de refrigeração poderá entrar em total operação.

Execute todas as verificações de funcionamento de todos os controles de segurança adicionais. Onde for aplicável:

- Use uma mistura de gás calibrada para aplicar nos detectores de gás, e siga a sequência relevante, tais como ciclo de recolhimento ("pump-down"), interrupção da alimentação elétrica, funcionamento da ventilação mecânica e ativação dos alarmes sonoros e/ou visuais, etc.;
- Proceda de forma similar, porém usando uma menor quantidade de fluido frigorífico dos sistemas, e siga a mesma sequência seguida anteriormente.

Siga as instruções do fabricante, ou a sequência correta conforme detalhada na descrição do projeto para interromper o funcionamento completo do sistema, observando se os recursos automáticos ou de segurança operam satisfatoriamente.

Realizando novamente o procedimento acima, observe e registre qualquer irregularidade no ciclo de parada (por exemplo, ruídos, vibração, ou variação de pressão inesperada). Encontre a causa e se necessário, solucione o problema.

Quando todos os procedimentos estiverem satisfatoriamente concluídos, o sistema todo deverá ser ajustado para operar e funcionar por um período contínuo de pelo menos 72 horas, sob controle normal automático. Recomenda-se que a instalação deva ser continuamente supervisionada, por uma pessoa competente, por pelo menos metade do período de funcionamento.

Após esse período, execute o seguinte:

- Teste o sistema para verificar se há vazamentos de fluido frigorífico; isso deve ser executado pelo menos duas vezes durante o período de funcionamento;
- Verifique a operação e a calibração do controle automático e dispositivos de segurança, incluindo a operação satisfatória da válvula solenoide na linha de líquido, recolhimento ("pump-down") automático, desarme por alta e baixa temperatura, etc.;
- Verifique todo o equipamento mecânico quanto a excesso de aquecimento, ruído e vibração.

### 6.3.9 Entrega final e documentação da instalação

Na conclusão do comissionamento é importante que o usuário final ou representante seja consultado para assegurar que estejam satisfeitos com o sistema e que o funcionamento esteja de acordo com a especificação do projeto. A instalação não deve ser entregue até que o usuário final e o instalador estejam satisfeitos com sua operação. Uma apresentação final deve ser feita para as partes envolvidas (conforme designadas no contrato). Esse documento deve incluir o seguinte:

- Um conjunto completo de detalhes do projeto do sistema, desenhos, dados técnicos do equipamento e mecanismos de segurança;
- Uma descrição completa dos procedimentos de comissionamento;
- Qualquer problema identificado e se foi tomada alguma medida para solucioná-lo;
- Parâmetros de operação incluindo pressões, temperaturas, vazões, concentrações, etc., sob tais condições;
- Instruções de operação, serviços de reparos e manutenção, e ajustes de controle para qualquer item de maior importância do equipamento incluído na instalação;
- Uma lista de peças sobressalentes recomendadas para partes críticas do equipamento;
- Declaração de conformidade relacionada aos itens instalados (do equipamento), conforme exigida pela legislação;
- Outras informações exigidas pela autoridade controladora para completar o arquivo de saúde e segurança;
- Outras informações pertinentes (por exemplo, a folha de dados do Anexo 9).

## 6.4 CONVERSÕES NO LOCAL E NA OFICINA

### 6.4.1 Princípios básicos e avisos

Sob certas circunstâncias, pode haver o interesse em converter o sistema RAC de um fluido frigorífico não inflamável para a utilização de HC. Esse procedimento pode ser considerado devido a diversos motivos, tais como:

- O objetivo de melhorar a eficiência do sistema;
- Para minimizar o impacto ao meio ambiente;
- Por ter uma relação de custo-benefício maior que a utilização de outras opções de fluido frigorífico;
- Se não houver outras substituições de fluidos frigoríficos disponíveis.

No entanto, observe que se o sistema de refrigeração estiver operando corretamente, então, normalmente não haveria nenhuma necessidade de converter o sistema para utilizar outro tipo de fluido frigorífico.

Observe que nesse caso, o termo “conversão” é utilizado. Isso é importante, pois se diferencia de outras frases tais como “refil”, “drop-in” e “retrofit”. Os motivos dessa diferença é que o fluido frigorífico não inflamável (por exemplo, o R12) é substituído por outro fluido frigorífico não inflamável (por exemplo, o R134a), se houver necessidade de qualquer alteração no sistema, então estaria relacionada com desempenho (por exemplo, troca do comprimento do tubo capilar) ou compatibilidade (por exemplo, troca do tipo de óleo). No entanto, ao trocar o fluido frigorífico não inflamável (por exemplo, o R22) para o fluido frigorífico hidrocarboneto (por exemplo o R290), outras considerações deverão ser levadas em conta. Tais considerações incluem o fato do fluido HC poder ou não ser aplicado sob determinadas circunstâncias e, caso possa ser aplicado, as alterações necessárias ao equipamento correspondentes à redução do risco de inflamabilidade devem ser executadas. Uma troca de fluido frigorífico não inflamável para inflamável deve

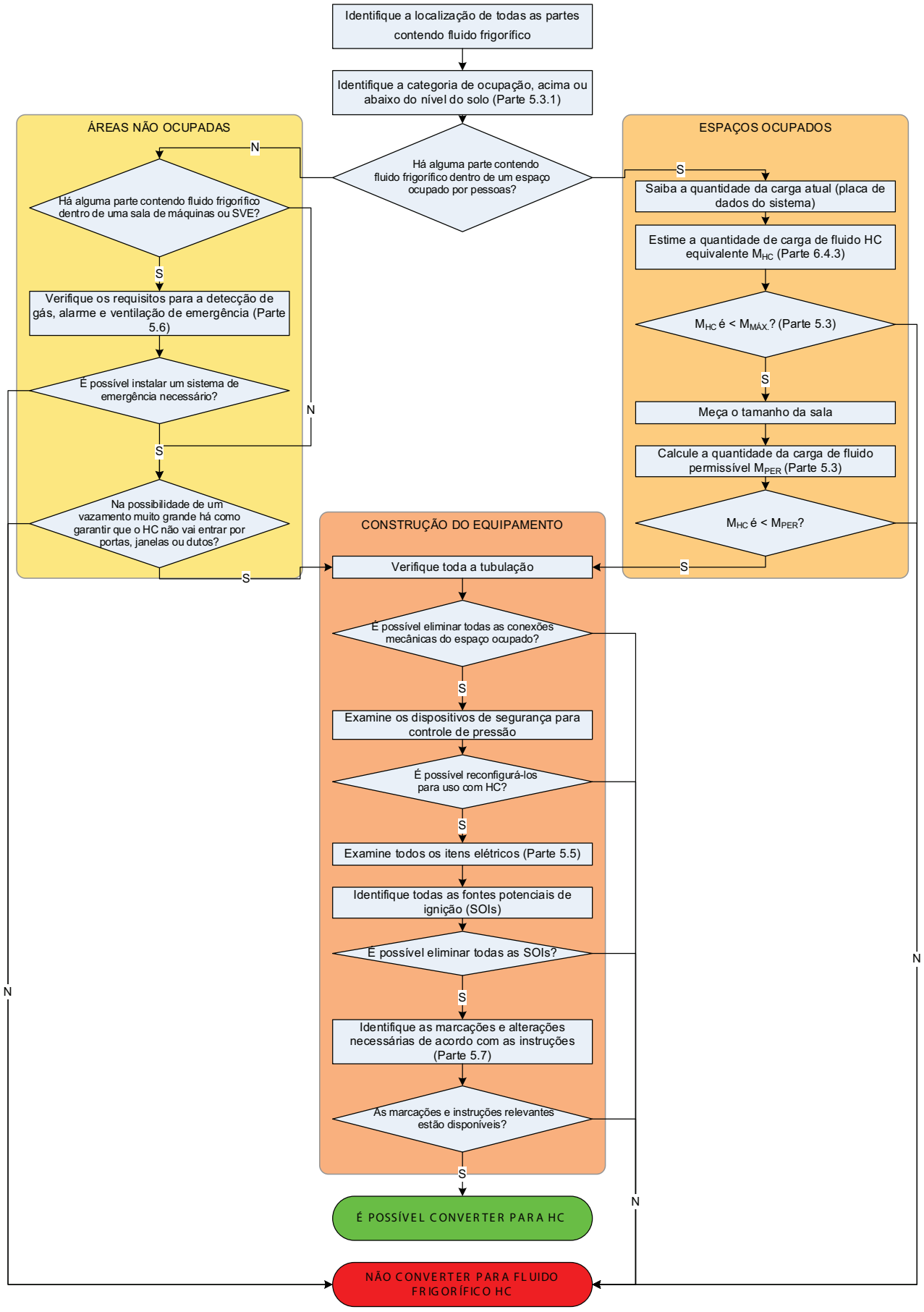
ser considerada em termos de uma conversão completa do equipamento, não apenas uma troca de fluido frigorífico.

Por esses motivos, deve-se enfatizar que a execução de uma conversão de um sistema para que utilize fluido frigorífico inflamável necessita de considerações cuidadosas de suas implicações, e é essencial ponderar os riscos e benefícios. Se houver necessidade da conversão, então, ela deverá ser executada de forma abrangente, cuidadosamente e com atenção aos detalhes.

Considerando que a conversão para um fluido frigorífico inflamável representa uma alteração significativa no objetivo do sistema, deve ser compreendido que a conversão pode ser feita sob a condição de que o produto final atenda aos requisitos das normas de segurança e regulamentações nacionais relevantes.

Para auxiliar na explicação do procedimento correto de forma mais evidente, alguns exemplos de conversões podem ser encontrados no Anexo 2.

Figura 71: Quadro indicativo para auxiliar na decisão sobre a possibilidade de converter um sistema, para que ele passe a utilizar fluido frigorífico HC, em conformidade com as normas relevantes


Identifique a localização de todas as partes contendo fluido frigorífico
Identifique a categoria de ocupação, acima ou abaixo do nível do solo (Parte 5.3.1)
Há alguma parte contendo fluido frigorífico dentro de um espaço ocupado por pessoas?
ÁREAS NÃO OCUPADAS
ESPAÇOS OCUPADOS
N
S
Há alguma parte contendo fluido frigorífico dentro de uma sala de máquinas ou SVE?
Verifique os requisitos para a detecção de gás, alarme e ventilação de emergência (Parte 5.6)
É possível instalar um sistema de emergência necessário?
Na possibilidade de um vazamento muito grande há como garantir que o HC não vai entrar por portas, janelas ou dutos?
Saiba a quantidade da carga atual (placa de dados do sistema)
Estime a quantidade de carga de fluido HC equivalente $M_{HC}$ (Parte 6.4.3)
$M_{HC}$ é < $M_{MÁX.}$? (Parte 5.3)
Meça o tamanho da sala
Calcule a quantidade da carga de fluido permissível $M_{PER}$ (Parte 5.3)
$M_{HC}$ é < $M_{PER}$?
CONSTRUÇÃO DO EQUIPAMENTO
Verifique toda a tubulação
É possível eliminar todas as conexões mecânicas do espaço ocupado?
Examine os dispositivos de segurança para controle de pressão
É possível reconfigurá-los para uso com HC?
Examine todos os itens elétricos (Parte 5.5)
Identifique todas as fontes potenciais de ignição (SOIs)
É possível eliminar todas as SOIs?
Identifique as marcações e alterações necessárias de acordo com as instruções (Parte 5.7)
As marcações e instruções relevantes estão disponíveis?
É POSSÍVEL CONVERTER PARA HC
NÃO CONVERTER PARA FLUIDO FRIGORÍFICO HC

### 6.4.2 Considerações que afetam as conversões

Ao se deparar com uma escolha de conversão para um sistema específico é importante seguir uma sequência lógica de considerações relacionadas à segurança, permitindo assim facilitar a escolha correta. Essas considerações incluem as seguintes questões:

- O tipo e complexidade do equipamento a ser modificado;
- O ambiente e a localização em que o equipamento será instalado;
- As quantidades de fluido frigorífico envolvidas (com relação à localização do sistema);
- A necessidade de introduzir sistemas de emergência adicionais;
- A facilidade ou possibilidade de modificar partes do sistema;
- A facilidade ou possibilidade de manusear as fontes potenciais de ignição.

Um quadro de decisão para auxiliar na avaliação da adequação do equipamento (predominantemente com relação aos requisitos das normas de segurança) pode ser encontrado na Figura 71. Esse quadro pode ser utilizado para fornecer uma boa indicação quanto ao fato do sistema poder ou não ser convertido para a utilização do fluido frigorífico HC, apesar de haver outros aspectos específicos que talvez precisem ser considerados adicionalmente; ou seja, os demais requisitos contidos nesse manual (para os sistemas atuais) e as normas de segurança relevantes.

Uma vez que a carga de fluido frigorífico e a localização das partes contendo fluido frigorífico do sistema exercem uma grande influência na viabilização da conversão, a adequação pode ser aproximada de acordo com os tipos mais comuns de sistemas. A tabela 19 apresenta uma visão geral indicativa dos tipos de sistema que foram encontrados como passíveis de conversão. A viabilidade é indicada abaixo:

- ✓✓ Normalmente viável;
- ✓ Algumas vezes viável;
- **x** Normalmente inviável;
- **xx** Sempre inviável.

Conforme explicado anteriormente, cada situação é exclusiva em termos de combinação de projeto de sistema e localização de instalação, portanto, é necessário que cada uma delas seja avaliada independentemente.

Duas outras questões devem ser consideradas com relação à adequação de execução de uma conversão.

Em primeiro lugar, é fortemente recomendado que as empresas criem em suas instalações oficinas especiais para conversões (veja a Parte 4.5). Contudo, os sistemas podem ser removidos do local para uma oficina dedicada que permita a execução da conversão. Há vantagens significativas nesse procedimento:

- Acesso mais apropriado ao ferramental e equipamento necessário;
- A área de trabalho pode ser preparada para o manuseio do uso de fluidos frigoríficos inflamáveis;
- Maior probabilidade de possuir técnicos especialistas com experiência em HCs;
- Haverá um acesso mais adequado e imediato às peças e equipamentos.

Ao mesmo tempo fica compreendido que determinados tipos de equipamentos podem não ser portáteis, esse procedimento deve ser executado considerando essa possibilidade.

Em segundo lugar, as empresas envolvidas em frequentes conversões de um tipo específico de sistema devem preparar "kits de conversão" dedicados para seus técnicos, sendo cada um dos kits dedicados a um tipo específico de sistema RAC.

Tabela 19: Áreas de aplicação para fluidos frigoríficos naturais – Refrigeração

| Setor | Tipo de equipamento | Tipo de sistema | Viabilidade |
|---|---|---|---|
| Refrigeração doméstica | Expositores para resfriados<br>Expositores para congelados (freezer) | Integrado<br>Integrado | ✓✓<br>✓✓ |
| Refrigeração de varejo (supermercado e lojas de distribuição de alimentos) | Resfriadores de água<br>Expositores para resfriados<br>Expositores para resfriados Expositores para resfriados Expositores para resfriados<br>Expositores para congelados (freezer)<br>Expositores para congelados (freezer)<br>Expositores para congelados (freezer)<br>Expositores para congelados (freezer) | Integrado<br>Integrado<br>Remoto<br>Distribuído<br>Indireto<br>Integrado<br>Remoto<br>Distribuído<br>Indireto | ✓✓<br>✓✓<br>x<br>x x<br>✓✓<br>✓✓<br>x<br>x x<br>✓✓ |
| Câmaras frigoríficas de grande porte ("cold storage") e processamento de alimentos | Gabinetes de armazenamento<br>Câmara frigorífica<br>Câmara frigorífica<br>Câmara frigorífica<br>Resfriamento/congelamento de processos<br>Resfriamento/congelamento de processos<br>Resfriamento/congelamento de processos | Integrado<br>Remoto<br>Distribuído<br>Indireto<br>Remoto<br>Distribuído<br>Indireto | ✓✓<br>x<br>x x<br>✓✓<br>x<br>x x<br>✓✓ |
| Refrigeração de transporte | Caminhões de transporte rodoviário<br>Vagões ferroviários refrigerados<br>Contêineres refrigerados<br>Refrigeração de transporte marítimo | Integrado<br>Integrado<br>Integrado<br>Integrado | ✓✓<br>x<br>x<br>x |
| Aparelhos de ar condicionado residencial, desumidificadores e bombas de calor residencial | Unidades portáteis<br>Unidades de janela<br>Unidades instaladas em paredes<br>Unidades tipo split<br>Aquecedor de água quente<br>Aquecimento central | Integrado<br>Integrado<br>Integrado<br>Remoto<br>Integrado<br>Integrado/Indireto | ✓✓<br>✓✓<br>✓<br>✓✓<br>✓<br>✓ |
| Ar condicionado comercial e bombas de calor comercial | Unidades tipo split<br>Multisplit/VRV<br>Unidades (Packaged) dutadas<br>Unidades (Packaged) centrais<br>Chillers com deslocamento positivo<br>Chillers centrífugos<br>Aquecedor de água quente<br>Aquecimento central | Remoto<br>Distribuído<br>Remoto<br>Remoto<br>Integrado/Indireto<br>Integrado/Indireto<br>Integrado<br>Integrado/Indireto | ✓✓<br>x x<br>x<br>x x<br>✓✓<br>x x<br>✓<br>✓ |
| Ar condicionado de meios de transporte | Carros<br>Ônibus<br>Trens<br>Aviões | Remoto<br>Remoto<br>Remoto<br>Remoto | ✓✓<br>x<br>x<br>x x |

### 6.4.3 Realização de conversões

Se for necessária uma conversão, a sequência correta de atividades deverá ser executada de tal modo que seja mantida a segurança do local de trabalho e que também se garanta a segurança inerente do equipamento.

Uma sugestão dessa sequência é sugerida na Figura 72. Na verdade, a maioria das atividades relacionadas ao manuseio do fluido frigorífico durante a instalação, manutenção, serviço e desmontagem também se deve aplicar esse processo.

Os passos seguintes descrevem o processo da Figura 72.

**Estimar o tamanho da carga do fluido frigorífico HC**

Isto pode ser feito usando-se a carga de fluido frigorífico existente. Assim, obtenha o tamanho da carga do fluido frigorífico atual a partir da placa de dados do equipamento ($M_{dp}$). Em seguida, usando os fatores de correção ($C_f1$) da Tabela 20, estime a massa equivalente para o fluido frigorífico HC escolhido (equação 22).

$$M_{HC} = M_{dp}\, x\, Cf \qquad (22)$$

O fator de correção da Tabela 20 representa assim a porcentagem da massa de fluido frigorífico HC necessária. Para fluidos frigoríficos não inclusos na Tabela 20, o fator de correção poderá ser estimado como a razão entre a densidade do HC na fase líquida e a densidade do fluido frigorífico existente também na fase líquida, a uma temperatura ao redor de 50 – 55 °C.

Tabela 20: Fatores de conversão ($C_f1$) para estimar a quantidade da carga de HC equivalente

| Fluido frigorífico fluorado | Fluido frigorífico HC | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | R600a | R600a/R290 (50%/50%) | R290 | R290/R170 (94%/6%) | R1270 |
| CFC-12 | (0,43) * | 0,40 | n/a | n/a | n/a |
| HFC-134a | (0,47) * | 0,45 | n/a | n/a | n/a |
| HFC-1234yf | (0,53) * | 0,50 | n/a | n/a | n/a |
| HCFC-22 | n/a | n/a | 0,42 | 0,41 | 0,42 |
| HFC-407C | n/a | n/a | 0,45 | 0,44 | 0,45 |
| HFC-404A | n/a | n/a | 0,51 | 0,50 | 0,52 |
| HFC-507A | n/a | n/a | 0,51 | 0,50 | 0,52 |
| HFC-410A | n/a | n/a | (0,51) * | (0,50) * | (0,52) * |

* Pode ser necessária uma alteração no deslocamento do compressor
N/A: O fluido frigorífico HC não pode ser aplicado a sistemas que usam fluido frigorífico fluorado existente

**Verifique se todas as ferramentas necessárias estão disponíveis**

Antes de realizar qualquer trabalho, é essencial garantir que todas as ferramentas, equipamentos e também todas as peças sobressalentes necessárias para a tarefa estão totalmente disponíveis para a execução dos serviços. (A lista de verificação de ferramentas e equipamentos pode ser criada baseada nas informações do Anexo 6.)

**Verifique as condições da área de trabalho e do sistema**

Antes de manusear HCs ou qualquer outro fluido frigorífico, é necessário garantir que tanto a área de trabalho quanto o sistema estejam seguros e que o técnico esteja familiarizado como o sistema. As orientações que devem ser aplicadas são fornecidas no item 6.1.3.

**Obtenha acesso ao circuito de refrigeração**

Quer para HCs ou para qualquer outro fluido frigorífico, aplicam-se as mesmas regras para se acessar o circuito de refrigeração do sistema, conforme detalhado na Parte 6.1.4.

**Recolhimento**

Qualquer fluido frigorífico remanescente no sistema deverá ser recolhido, principalmente os fluidos frigoríficos CFC, HCFC ou HFC, os quais se liberados, causarão danos ao meio ambiente. Além disso, há também implicações de segurança associadas à liberação de fluidos frigoríficos não inflamáveis. Assim, deverá ser usada uma recolhedora para recolher o fluido frigorífico existente, e armazená-lo em um cilindro aprovado para esse mesmo tipo de fluido frigorífico. As orientações deste manual (ver Parte 6.1.5) também podem ser usadas neste caso, principalmente quando se trata de se impedir misturas de fluido frigorífico, evitar enchimento excessivo e marcar o cilindro apropriadamente após o uso. (Também deverá ser seguida a orientação para manuseio de cilindros da Parte 6.1.15, quer o fluido frigorífico seja ou não inflamável.)

**Reparos**

Caso seja necessário realizar reparos no sistema, este geralmente deverá ser aberto para que o técnico tenha acesso ao fluido frigorífico. O método detalhado neste manual (ver Parte 6.1.4) também pode ser usado neste caso. Posteriormente, podem ser realizados os reparos necessários (para os quais podem ser úteis algumas das orientações da Parte 6.1.7). A esta altura, também pode ser útil aproveitar a oportunidade para realizar outros reparos menos críticos, tais como troca de óleo, substituição de filtros secadores, limpeza interna dos circuitos, substituição de peças danificadas, etc.

**Alterações de projeto**

As alterações de projeto feitas no sistema de RAC são críticas para se garantir que os requisitos de segurança sejam atendidos. É essencial que, com base no tipo de sistema, na localização, na ocupação e na quantidade de carga de fluido frigorífico HCs, os recursos de segurança apropriados estejam todos integrados ao equipamento. A não observância de tais medidas poderá resultar em sérios riscos de inflamabilidade. (Em relação a esse tema a Parte 5 deste manual deverá ser verificada.)

As principais considerações costumam ser:

- Eliminação de todas as conexões mecânicas de todo espaço ocupado e minimização da possibilidade de vazamento (ver item 5.2);
- Reconfiguração/reajuste dos dispositivos de segurança para controle de pressão (ver item 5.6);
- Eliminação de todas as fontes potenciais de ignição (ver item 5.5);
- Configuração dos sistemas de detecção/ventilação/alarme de emergência (ver item 5.6);
- Aplicação de sinalizações relevantes, e alterações das instruções, onde necessário (ver item 5.7).

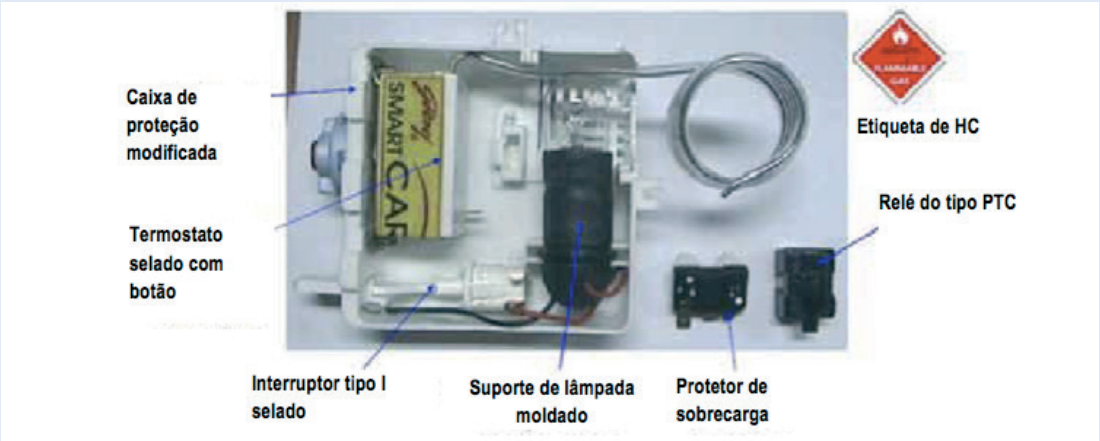
Reenfatizamos que deve ser dada uma atenção especial em relação à questão das fontes potenciais de ignição.

Em todos os casos deverão ser realizadas as seguintes avaliações:

- Inspecione o sistema e equipamento associado, e anote todos os componentes elétricos;
- Determine quais desses componentes podem apresentar fontes potenciais de ignição;
- Decida como cada uma dessas fontes potenciais de ignição será controlada ou eliminada, por exemplo, substituindo-se por componentes selados, usando-se dispositivos de estado sólido, ou mesmo revestindo-os com alguma proteção totalmente selada;
- Considere também que terminais elétricos deverão estar adequadamente apertados e com segurança, e que o isolamento fornecido seja suficiente para se evitar curto circuito entre os componentes;
- Realize as modificações adequadamente.

**KITS DE CONVERSÃO**

Caso empresas estejam envolvidas com a conversão de sistemas existentes, recomenda-se o uso de "kits de conversão". O motivo para tal é que é muito "conveniente" para os técnicos – uma vez que eles já estão no local (em campo) e trabalhando em um sistema – usar métodos de atalho (inapropriados) para a conversão para fluido frigorífico HC. Devido ao risco em relação à segurança, este método deverá ser evitado. Uma maneira de evitar que isso aconteça é disponibilizar aos técnicos um kit de conversão que possa ser usado de forma abrangente e que contenha todas as peças necessárias. Por exemplo, tais kits poderão conter catálogos técnicos de produtos ("data sheets" com fatores de conversão, estimativas para o tamanho da sala/quantidade de carga, etc.), formulários de avaliação de riscos, instruções de trabalho, componentes elétricos selados e de estado sólido, etiquetas de gás inflamável, válvulas, acessórios especiais, etc. No caso de empresas que normalmente lidam com diferentes tipos de sistemas, então o bom senso recomenda o uso de kits de conversão melhor adequados para cada tipo de sistema diferente.




A sinalização de todo equipamento que contenha fluido frigorífico HC é também reenfatizada aqui. As etiquetas "gás inflamável" apropriadas deverão ser colocadas nas entradas dos gabinetes dos equipamentos e nos pontos de acesso ao fluido frigorífico, bem como em tubulações aparentes.

**Vedação do sistema**

Ao se completar o serviço realizado no sistema, deve-se garantir a total estanqueidade do circuito segundo as orientações deste manual (ver Parte 6.1.7).

**Teste de integridade do sistema**

Como houve intervenção no circuito de refrigeração, é necessário realizar testes de estanqueidade contra vazamentos, bem como testes de resistência, por pressão (ver Partes 6.1.8 e 6.1.9, respectivamente).

**Evacuação**

O sistema deverá ser evacuado conforme orientações desse manual (ver Parte 6.1.10).

**Carga de fluido frigorífico**

Concluindo-se os passos anteriores podemos assumir que não haverá vazamentos no sistema, então, ele poderá receber normalmente a carga apropriada de fluido frigorífico HC, e conforme a quantidade determinada acima (com base na Tabela 20). Certifique-se de que a quantidade de carga de gás adicionada no sistema seja gravada na placa de dados do equipamento. (A orientação geral para uma carga de fluido frigorífico HC com segurança pode ser encontrada na Parte 6.1.11.)

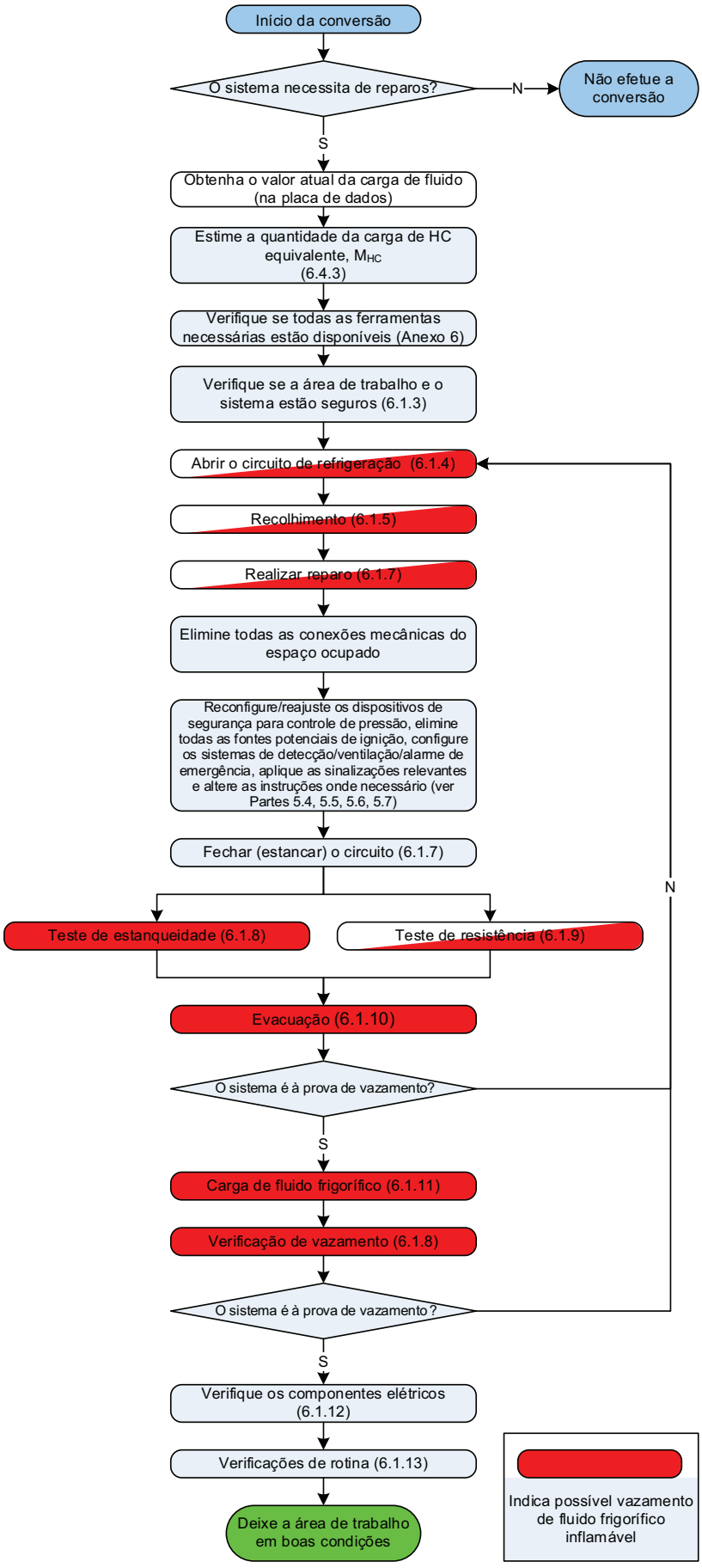
**Verificações finais**

Após completar a carga, é importante realizar uma série de verificações finais para garantir a segurança e a confiabilidade do sistema. Tais verificações finais incluem:

- Repetir a verificação contra vazamentos (ver Parte 6.1.8);
- Repetir as verificações dos componentes elétricos (ver Parte 6.1.12);
- Realizar as verificações rotineiras (ver Parte 6.1.13) onde relevantes;
- Se houverem sido feitas modificações consideráveis no sistema, deverá ser realizado um procedimento de comissionamento com base nas recomendações da Parte 6.3.

Finalmente, inicie a operação da máquina de refrigeração e rode por uns 15 – 30 minutos, para garantir que esteja funcionando corretamente.

Figura 72: Fluxograma indicando a sequência de atividades para converter um sistema para o uso de fluido frigorífico HC


Início da conversão
O sistema necessita de reparos?
N
Não efetue a conversão
S
Obtenha o valor atual da carga de fluido (na placa de dados)
Estime a quantidade da carga de HC equivalente, $M_{HC}$ (6.4.3)
Verifique se todas as ferramentas necessárias estão disponíveis (Anexo 6)
Verifique se a área de trabalho e o sistema estão seguros (6.1.3)
Abrir o circuito de refrigeração (6.1.4)
Recolhimento (6.1.5)
Realizar reparo (6.1.7)
Elimine todas as conexões mecânicas do espaço ocupado
Reconfigure/reajuste os dispositivos de segurança para controle de pressão, elimine todas as fontes potenciais de ignição, configure os sistemas de detecção/ventilação/alarme de emergência, aplique as sinalizações relevantes e altere as instruções onde necessário (ver Partes 5.4, 5.5, 5.6, 5.7)
Fechar (estancar) o circuito (6.1.7)
Teste de estanqueidade (6.1.8)
Teste de resistência (6.1.9)
Evacuação (6.1.10)
O sistema é à prova de vazamento?
N
S
Carga de fluido frigorífico (6.1.11)
Verificação de vazamento (6.1.8)
O sistema é à prova de vazamento?
N
S
Verifique os componentes elétricos (6.1.12)
Verificações de rotina (6.1.13)
Deixe a área de trabalho em boas condições
Indica possível vazamento de fluido frigorífico inflamável

## 6.5 DESMONTAGEM

O descomissionamento e o descarte ocorrem ao final do tempo de vida de um sistema, quando deverá ser retirado de serviço.

A maior parte das atividades envolvidas neste estágio é amplamente aplicada, independente do tipo de fluido frigorífico usado. Em geral, as seguintes ações são necessárias:

- Remoção de fluido frigorífico;
- Remoção de óleo;
- Desmontagem do sistema de refrigeração e dos equipamentos associados;
- Entrega de fluido frigorífico, óleo e aparelhos eletrônicos (controladores, "hardware", etc.) às estações de coleta apropriadas.

Em particular, deverá ser dada atenção aos seguintes aspectos quanto ao manuseio de fluidos frigoríficos inflamáveis:

- Recolhimento de fluido frigorífico;
- Evacuação do sistema;
- Limpar o circuito de refrigeração (Flushing) com OFDN e deixar uma carga de retenção de OFDN no sistema;
- Esperar o tempo necessário para que o fluido frigorífico se dissolva do óleo de refrigeração;
- Remoção do óleo de refrigeração e armazenamento em um contêiner e adicionar uma manta de OFDN como cobertura;
- Aplicar a sinalização adequada em todos os cilindros de fluido frigorífico, contêineres de óleo e materiais do sistema para identificá-los sobre seus conteúdos e finalidades;
- Entrega do fluido frigorífico recolhido a uma estação de coleta para reciclagem e reutilização se possível;
- Entrega do óleo recolhido a uma estação de coleta para reciclagem ou destruição;
- Entrega dos metais, plásticos e outros materiais da construção do sistema às centrais de reciclagem apropriadas.

No caso de vários equipamentos, eles deverão ser etiquetados com a informação que foram descomissionados e que os fluidos frigoríficos foram removidos. A etiqueta deverá ser datada e assinada. Garanta que as etiquetas sejam colocadas em cada um dos equipamentos informando que o equipamento contém fluidos frigoríficos inflamáveis.

# PARTE 7: ESTUDO DE CASOS

## 7.1 Introdução

Esta parte do manual tem o objetivo de fornecer uma ilustração de como as empresas integram alguns dos conceitos descritos neste manual no desenvolvimento de sistemas de ar-condicionado e de refrigeração com HC. Aqui são apresentados alguns estudos de casos. Esperamos que outras empresas que também venham a adotar o uso de fluidos frigoríficos HCs em seus produtos possam aprender com esses exemplos.

Estes estudos de casos fornecem uma mistura de diferentes perspectivas, incluindo tanto fabricantes quanto usuários finais e sistemas tanto pequenos quanto grandes.

- Benson Air Conditioning – um fabricante de unidades de ar condicionado do tipo split e também de tas capacidades; os exemplos considerados neste manual são de sistemas do tipo split;
- Carter Retail Equipment (CRE) – um fabricante de sistemas de refrigeração para o setor de distribuição e comercialização de alimentos; os exemplos considerados neste manual são expositores resfriados a água e com sistema de refrigeração integrado;
- De'Longhi – um fabricante de aparelhos de ar-condicionado (de baixa capacidade) para salas pequenas, e também de outros tipos de aparelhos; o exemplo considerado neste manual é um aparelho de ar-condicionado portátil;
- Hindustan Unilever – um fabricante de uma ampla variedade de produtos alimentícios; os exemplos considerados neste manual são os freezers de sorvete da Hindustan Unilever, os quais usam o HC como fluido frigorífico e são produzidos na Índia;
- Johnson Controls International (JCI) – um fabricante de muitos tipos de sistemas RAC e também de componentes; o exemplo considerado neste manual é uma linha de resfriadores (chillers);
- Lidl – uma rede de supermercados; o exemplo considerado neste manual é uma padronização de projeto para novos supermercados;
- Palfridge – um fabricante de aparelhos de refrigeração para aplicação tanto doméstica como comercial; o exemplo considerado neste manual é uma linha de expositores comerciais independentes (stand-alone);
- Victorian Transport Refrigeration – um fabricante de sistemas de transporte refrigerado e de ar condicionado para veículos;
- Waitrose – uma rede de supermercados; o exemplo considerado neste manual é uma padronização de projeto para novos supermercados.

Além disso, há muitas outras empresas na Europa, Austrália e em expansão na Ásia e nas Américas do Sul e Central, as quais produzem sistemas de refrigeração e de ar condicionado que usam fluidos frigoríficos HC.

Recomenda-se que as partes interessadas neste tema pesquisem tais produtos na internet.

## 7.2 Benson ar-condicionado (Austrália)

**Informações sobre o produto**

Esta empresa fabrica aparelhos de ar-condicionado do tipo split sem duto e dutado, e esses aparelhos podem ser: somente frio, de ciclo reverso e de recuperação de calor. A capacidade dos splits de parede varia de 2,4 kW a 12,5 kW, sendo que o modelo de split dutado varia de 3,5 kW a 100 kW. Todas as unidades usam R290 e as quantidades de cargas dos splits de parede vão de 0,2 kg até aproximadamente 1 kg. Os produtos são feitos na Tailândia e China. Nos quatro últimos anos, milhares de produtos foram vendidos principalmente para os mercados australiano e asiático, bem como em outras regiões.

**Desenvolvimento e projeto**

Todos os modelos são projetados para os padrões de segurança australianos AS1677-1 e AS1677-2 como um requisito mínimo, mas várias medidas adicionais são introduzidas a fim de exceder tais requisitos. A aprovação de terceiros para o projeto e construção das unidades foi obtida a partir de uma autoridade relevante no governo australiano. Além disso, os aparelhos de ar-condicionado foram otimizados especialmente para operar com o R290 e, de acordo com suas as características, ao invés de se basear na estratégia de projeto de um HCFC ou HFC convencional.

**Produção e fabricação**

A linha de produção para os aparelhos de ar-condicionado foi especialmente modificada para os produtos com R290. Isto foi parcialmente para se adaptar aos diferentes componentes necessários para a construção das unidades, mas também para introduzir um regime mais completo e mais rigoroso de testes de estanqueidade (vazamentos). Os produtos não recebem a carga de fluido frigorífico durante a fabricação, e assim, não foi necessário modificar o layout da linha de produção para atender os requisitos de uma área perigosa.

Todavia foram usados sistemas de gestão da qualidade para melhorar a estanqueidade quanto a vazamentos, assim como um novo treinamento dos funcionários em relação a esses novos métodos. Neste caso a carga é realizada no campo ou no centro de distribuição, dependendo do tipo de produto. Portanto os procedimentos usados são mais rigorosos.

**Pós-venda**

Todos os técnicos que trabalham nos sistemas sob quaisquer circunstâncias deverão ter passado por um treinamento especializado e adequado. E eles também devem estar certificados de acordo com o programa de certificação do governo australiano (TAFE) e pelo programa de treinamento interno da Benson. Os donos e operadores dos equipamentos são orientados para aceitarem contratos de serviço somente com a Benson, ou somente com outras companhias cujos técnicos estejam adequadamente certificados. E no final da vida útil do produto, dever ser estabelecido um procedimento completo de serviços para recolhimento e reciclagem do produto em questão.

**Barreiras**

As principais barreiras estavam associadas a superar algumas legislações estaduais australianas, conformidade com padrões da UE e obtenção de certificação CE (principalmente a certificação PED) para produtos destinados ao mercado europeu.

**Parceiros**

Não houve cooperação com qualquer parceiro.

**Contatos**

Steve Smith (bensonac@bigpond.net.au)

Ar-condicionado tipo split fabricado pela Benson:

## 7.3 Carter Retail Equipment (Reino Unido)

**Informações sobre o produto**

Expositores com sistema de refrigeração integrado utilizando R1270, com um condensador resfriado a água. O projeto desse equipamento teve que atender a especificações tradicionais do setor de distribuição e comercialização de alimentos.

**Desenvolvimento e projeto**

As normas usadas foram EN 378 Itens 1 – 4: 2008/9, "IoR Code of Practice for A2/A3 refrigerants", EN 60335-2-24: 2003, e "Dangerous Substances Explosive Atmospheres Regulations 2002 (DSEAR)" e a Diretiva Europeia ATEX 95. O projeto foi completado alinhado com as normas e regulamentos acima para desenvolver um expositor com sistema de refrigeração integrado e com seu condensador resfriado a água, o qual pode ser usado em ocupação classe A, com uma carga que não exceda 1,5 kg. Ao mesmo tempo, o projeto mantém um alto nível de segurança, confiabilidade, economia de energia e um sistema específico para integração com o sistema do cliente. O projeto foi totalmente baseado nos critérios acima, para garantir que os componentes selecionados foram aprovados ou testados para uso com fluidos frigoríficos HCs. Foi realizada grande quantidade de testes internos de simulação de vazamento para garantir conformidade com as normas EN 378, e dependendo do caso as fontes de ignição foram remanejadas ou os componentes foram substituídos onde apropriado. A conformidade do projeto e da construção do equipamento foram externamente validadas e os outros testes foram realizados. Todo o projeto e fabricação estão alinhados com a acreditação da CRE ISO 9001.

**Produção e fabricação**

A empresa investiu em uma linha de produção de HC com uma máquina dedicada para de carga desse tipo de fluido, incluindo os processos automáticos de evacuação, teste de vazamento e carga de HC. Essa linha também tem detecção fixa de vazamento, bem como ventilação operacional e de emergência, sendo que todos esses recursos estão alinhados com as normas DSEAR e ATEX. Também foi providenciado treinamento para os funcionários da produção de como manusear os HCs com segurança.

**Pós-venda**

Os técnicos de serviço responsáveis pela manutenção do local após a instalação receberam um treinamento específico do produto, inclusive sobre o manuseio seguro de HCs, e esse treinamento foi realizado na própria unidade da CRE, que também providenciou toda a assistência técnica necessária em campo e desenvolveu sistemas de trabalho seguros (SSOW), os quais são usados pelos técnicos em serviço.

**Barreiras**

Os principais problemas encontrados no desenvolvimento dos expositores de HC com sistema de refrigeração integrado resfriado a água foram:

- Escassez de dados "oficiais" sobre a aplicação de HCs. A CRE teve que trabalhar com os OEMs dos equipamentos para validação dos compressores scroll da Hitachi para operar com o R1270 sem perder a garantia;
- Um grande compromisso financeiro foi feito pela empresa;
- Receio de alguns usuários finais em adotar o conceito, principalmente devido à falta de conhecimento sobre fluidos frigoríficos HC.

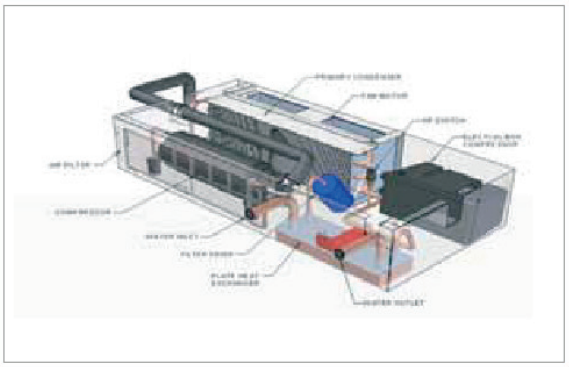
**Parceiros**

O principal parceiro de cooperação neste caso foi a Cool Concerns Ltd (Reino Unido), para verificação externa do projeto e normas aplicáveis.

**Contatos**

Ian Garvey, Engineering Director (ian.garvey@cre-ltd.co.uk)

Diagrama do expositor da Carter (à esquerda) com o posicionamento e a construção da unidade de condensadora (à direita):



## 7.4 De'Longhi (Itália)

**Informações sobre o produto**

Os produtos são aparelhos de ar-condicionado portáteis (um único duto), usando R290. São atualmente fabricados em sua fábrica da China e vendidos na Europa e Austrália. A De'Longhi começou a fabricá-los em 1998, e desde então centenas de milhares de unidades foram usadas.

**Desenvolvimento e projeto**

A norma de segurança de referência é a EN/IEC 60335-2-40 com a Emenda A1, e nenhuma característica adicional de projeto foi aplicada além das exigências da norma, pois todos os produtos De'Longhi obtiveram a certificação baseada em testes internos realizados por terceiros, como IMQ ou TÜV.

**Produção e fabricação**

A área de produção foi modificada de tal forma que foi acrescentado um sistema de detecção de vazamentos na linha de produção. E os sistemas de gestão da segurança seguiram a ISO 9001 e estão devidamente

certificados. Os membros da equipe foram treinados por seus colegas italianos, os quais têm ampla experiência na aplicação de R290.

**Pós-venda**

O serviço e a manutenção no setor de pós-venda são executados por seus próprios técnicos, os quais participam com frequência de cursos de treinamentos na sede da De'Longhi.

Para garantir que apenas pessoas competentes trabalhem no equipamento, somente seus próprios técnicos têm permissão para repará-los. Para lidar com aspectos do fim do tempo de vida do equipamento, eles seguem a Diretiva WEEE europeia, e a De'Longhi é membro de um comitê para tratamento de resíduos elétricos.

**Barreiras**

Inicialmente a norma de segurança não considerou a aplicação de fluidos frigoríficos inflamáveis, este sendo o principal problema. Quando a norma EN ainda não estava disponível, uma norma preliminar (IEC 61D/53/CD) foi utilizada. Um segundo problema foi a falta de componentes específicos (principalmente compressores).

**Parceiros**

A De'Longhi não trabalha com parceiros de cooperação.

**Contatos**

Alberto Aloisi, Technical Manager (alberto.aloisi@delonghi.it)

Exemplos de aparelhos de ar-condicionado da De'Longhi:

## 7.5 JCI (Dinamarca)

**Informações sobre o produto**

São produzidos dois tipos de equipamento com HC: resfriadores (chillers) resfriados a ar e a líquido – para muitas aplicações diferentes – com uma faixa de capacidade de 60 kW a 500 kW. A maior carga é de mais ou menos 25 kg por circuito com dois circuitos por unidade chiller. O mais recente projeto dos chillers de maior porte usa compressores parafusos, sendo equipado com inversores e funcionam de 30 Hz a 70Hz. Até o momento, muito mais de 1.000 unidades estão em operação. A produção teve início em 1996, e os principais mercados têm sido Dinamarca, Suécia, Reino Unido e Alemanha.

**Desenvolvimento e projeto**

Foram aplicadas a norma EN378 e a Diretiva Europeia de Equipamento sob Pressão (PED), em que a PED é a parte mais desafiadora. A Diretiva Europeia ATEX não é relevante, e então foi necessário aplicar recursos adicionais de projeto. (Isso foi avaliado pela TÜV, que concluiu que a ATEX não era relevante para os resfriadores). Foram conseguidas a aprovação e certificação do projeto e a produção em série, conforme requeridas pela PED.

**Produção e fabricação**

Não foi necessário modificar a área de produção. Porém, foi importante considerar regularmente a segurança dos painéis de controle e componentes, principalmente quanto a seus posicionamentos. Os compressores e as principais peças do sistema são monitoradas por pressão com o objetivo de detectar vazamentos. O treinamento da equipe foi realizado na oficina e também no campo individualmente.

**Pós-venda**

Todas as pessoas que realizam qualquer tipo de serviço nos sistemas devem ser treinadas quanto ao manuseio seguro de fluido frigorífico, para então garantir que somente pessoas competentes trabalhem com o equipamento. Em alguns casos, o serviço e manutenção são realizados por empresas terceirizadas, e neste caso o treinamento também deve ser realizado externamente. Em qualquer um dos casos o treinamento dura dois dias. Aspectos de fim da vida são tratados como qualquer outro sistema de refrigeração.

**Barreiras**

As principais barreiras estão no modo de pensar das partes envolvidas.

**Parceiros**

Trabalharam com organismo notificado para obter as aprovações de PED e se comunicaram um pouco com o TÜV, tendo também trabalhado com um fornecedor de treinamento.

**Contatos**

Alex Cohr Pachai, Technical Manager (Alexander.C.Pachai@jci.com)

Um novo chiller com R290 da JCI resfriado a ar:

## 7.6 Hindustan Unilever / Kwality Walls Ice Cream (Índia)

**Informações sobre a empresa**

A Hindustan Unilever Limited (HUL), uma subsidiária da Unilever, é a maior empresa FMCG da Índia. Ao alcançarem o ponto de venda (por exemplo, loja varejista) os sorvetes são armazenados em freezers. Para

as vendas de sorvete ao consumidor, a empresa confia em mais de 2 milhões de refrigeradores de sorvete localizados nos pontos de venda do mundo todo.

**Informações sobre o produto**

Em 2000, a Unilever se comprometeu a parar de comprar refrigeradores com HFC a partir de 2005, substituindo os refrigeradores com HFC por novos que usavam R290.

Lá pelo início de 2010, a Unilever tinha cerca de 500.000 refrigeradores com HC em uso no mundo. O volume para armazenagem do equipamento varia entre 150 e 400 litros e a capacidade de refrigeração varia entre 100 e 300 W. O lançamento na Índia começou em 2007, para HUL, e no início de 2010 já tinham 7.000 refrigeradores usando R290. O plano é dobrar estes valores até o final de 2015.

**Desenvolvimento e projeto**

Segue-se a norma IEC 60335-2-89, mas onde há normas nacionais, elas têm precedência e são consideradas. Além disso, a Unilever desenvolveu análises quantitativas de riscos (QRA) de forma independente, e as recomendações dessas análises foram inclusas em especificações de funcionamento preparadas para os fornecedores dos refrigeradores. Embora os fabricantes tenham responsabilidade pelo projeto correto de seu equipamento, a Unilever não pode ignorar a importância do projeto quanto à operação segura dos refrigeradores, e assim, para garantir que os fabricantes prestem atenção a importantes aspectos do projeto, a Unilever lhes disponibiliza as especificações de funcionamento. Então é responsabilidade do fabricante provar para a Unilever que eles consideraram cada ponto das especificações. A Unilever realizou testes iniciais de campo dos refrigeradores com HC em vários países de 2000 a 2004, sem ser verificado qualquer problema de desempenho ou segurança. Para o mercado indiano, testes adicionais, simulando condições especiais de clima, garantiram que os refrigeradores se comportaram com grande confiabilidade sob extremas condições tropicais, e suportaram um manuseio robusto durante o transporte. Testes de campo na Índia foram também realizados com sucesso. Todos os testes confirmaram que os refrigeradores com HC são no mínimo tão seguros e confiáveis quanto seus equivalentes que contêm HFC, apresentando ainda, em média, um consumo elétrico 10 % menor. A Unilever desenvolveu um detalhado documento de lançamento ("Rollout Summary Document"), e um Programa de Treinamento de Manutenção Segura. Estes documentos atuam como a base para uma estratégia local de implantação de lançamento em um país ou região específico.

**Produção e fabricação**

A Índia não dispõe de fabricantes de equipamentos de refrigeração comerciais com capacidade para fabricar refrigeradores de sorvete com fluidos frigoríficos hidrocarboneto (HCs). Os refrigeradores foram importados de outros países asiáticos, onde vários fornecedores asiáticos colaboram com fabricantes europeus. Os fabricantes dos refrigeradores são responsáveis pelas necessárias modificações na área de produção, sistemas de gestão de segurança e treinamento da equipe de produção.

**Pós-venda**

As transportadoras são treinadas para manusear os refrigeradores cuidadosamente. Cada saída é inspecionada antes dos refrigeradores serem instalados e verificações pós-instalação são feitas para garantir que a colocação do ativo esteja de acordo com os requisitos.

Cada refrigerador tem que passar por uma inspeção pré-despacho antes de ser disponibilizado para o mercado. A Hindustan Unilever usa postos próprios de manutenção com fornecedores de serviço terceirizados – os postos de manutenção foram construídos conforme as exigências de segurança necessárias para o uso de HC. Medidas de segurança foram instaladas, tais como extintores de incêndio, infraestrutura elétrica melhorada, placas de sinalização/aviso, kits de primeiros socorros e equipamento de proteção individual. Também foram instalados exaustores para garantir uma rápida dispersão de fluido frigorífico em caso de vazamento.

O treinamento foi realizado internamente, cobrindo aspectos técnicos e de segurança. As sessões de treinamento incluem sala de aula e também treinamento prático. Para garantir que somente profissionais competentes trabalhem com esse tipo de equipamento, são realizados testes de avaliação escrita, sendo obrigatório passar nesses testes para obter a licença formal para manutenção dos refrigeradores com HC. Quanto ao fim do tempo de vida do equipamento, a Unilever matriz dispõe de uma "política global de descarte do refrigerador", a qual garante que um modo ambientalmente benigno de descarte seja aplicado localmente.

**Barreiras**

As principais barreiras identificadas foram:

- Falta de fabricantes indianos de refrigeradores com HC e de componentes para HC, como, por exemplo, compressores. A opção de curto prazo foi importar de outros países;
- Falta de mão de obra técnica habilitada, o que tem sido superado mediante o desenvolvimento e aplicação de conceitos de treinamento interno;
- Uma vez não havendo fornecedores na Índia de peças sobressalentes dedicadas para HC, elas têm que ser importadas de outros países da região;
- Disponibilidade do fluido frigorífico HC na Índia. Até a importação é bastante complicada, já que todos os cilindros importados não têm a aprovação de explosivos pelo agente indiano ("Indian Commissioner of Explosives") – levaram dez meses para encontrar um fornecedor que tivesse as necessárias licenças e permissões para importar cilindros e fluido frigorífico (da Itália);
- Há falta de clareza, principalmente, mas não exclusivamente na Índia, quanto à estrutura legislativa para utilização de HC como fluido frigorífico em aparelhos comerciais, quanto ao armazenamento de refrigeradores e fluido frigorífico, quanto a requisitos de habilidades técnicas para manutenção, e quanto a conformidade de segurança de postos de manutenção. Juntar forças com todos os interessados seria o caminho a ser trilhado para se superar tais dificuldades.

**Parceiros**

Na fase inicial do desenvolvimento do refrigerador com HC, a Unilever cooperou com vários parceiros para a avaliação de riscos potenciais desta tecnologia. Principalmente:

- O desenvolvimento e projeto da tecnologia de refrigeradores com HC têm ocorrido em estreita cooperação com alguns dos principais fabricantes de refrigeradores;
- Junto com consultores especializados, a Unilever desenvolveu material padrão de treinamento para técnicos de manutenção, usado como base para conceitos de treinamento local dedicado, conforme descritos aqui no caso do lançamento indiano.

**Contatos**

Baasit Shukri, Nacional Cold Chain Manager, Hindustan Unilever (Baasit.Shukri@Unilever.com)

Berty Jacob, Group Leader Business Sistemas Tecnologia (Berty.Jacob@Unilever.com)

Rene van Gerwen, Global Lead Engenheiro Refrigeração & HVAC (Rene-van.Gerwen@Unilever.com)

Refrigeradores de sorvete com fluido frigorífico HC da Kwality Wall localizados em um ponto de venda da Índia:

## 7.7 Lidl (Alemanha)

**Informações sobre o produto**

Sistemas de supermercados incluindo uma planta compacta para instalação externa com expansão indireta (temperatura média e ar condicionado) e um sistema de aquecimento, usando R290 no circuito primário e salmoura de formiato de potássio no circuito secundário. Um estágio adicional de baixa temperatura usa expansão direta de R744 ou também um circuito secundário com salmoura. O estágio de baixa temperatura é interligado como cascata no estágio de média temperatura. O sistema projetado para os supermercados Lidl tem os seguintes dados de capacidade:

- Média temperatura: capacidade de resfriamento de 55 kW;
- Ar condicionado: capacidade de resfriamento de 40 kW;
- Bomba de calor: capacidade de aquecimento de 60 kW (sem desperdício de calor).

Usando-se uma unidade padrão pode-se atingir uma capacidade de resfriamento de até 200 kW. O tamanho da carga, dependendo da quantidade geral de fluido frigorífico da instalação fica entre 40 e 80 kg de R290. Atualmente, há quatro instalações em operação na Alemanha. Em maio de 2010, começou o lançamento para todas as lojas Lidl construídas recentemente na Alemanha. No total foram projetadas 200 instalações até 2012. Ao mesmo tempo, as primeiras instalações da Dinamarca e da Suíça também entraram em operação. A primeira instalação completa foi produzida em 2008.

**Desenvolvimento e projeto**

Foram aplicadas as seguintes normas e regulamentos: GPSG, 11. GPSGV, RL 94/9/EG (ATEX 95), TRBS 2152, BGR 104, BGR 500, RL 2006/42/EG (MRL), RL 97/23/EG (DGRL), EN 378 1-4. TÜV SÜD; Drees & Sommer Advanced Building Technologies; Fa. Effektivplan; DGNB (German Sustainable Building Council); DENA (German Energy Agency) foram envolvidas na aprovação de projeto e certificação dos produtos.

**Produção e fabricação**

A área de produção foi modificada de tal modo que o corredor para montagem final da Futron (o fornecedor do maquinário) foi completamente reconstruído para melhor atender aos requisitos de produção em série. Como um controle final, foi construída uma instalação para os testes simultâneos de até três sistemas. Toda a área de produção está equipada com sensores de gás e com um sistema de ventilação de acordo com a Diretiva ATEX da UE, correspondendo ao próprio conceito de sistema integrado. No caso de um acidente, toda área do prédio será desligada de sua alimentação elétrica. Sistemas de gestão de segurança foram

implementados em toda a área de produção e também foram fornecidas instruções e procedimentos para o uso seguro de fluidos frigoríficos inflamáveis.

**Pós-venda**

Não houve necessidade de treinamento, porque a Futron GmbH é especializada na utilização de fluidos frigoríficos naturais e inflamáveis já há muitos anos. A Futron somente dispõe de equipe de especialistas treinados. A operação e a manutenção também podem ser conduzidas por equipe especializada externa. Uma pré-condição para tal é um certificado de conhecimento especializado e extensivo treinamento pela Futron. Além disso, a instalação é 100% reciclável.

**Barreiras**

As principais barreiras foram os preconceitos insustentáveis contra fluidos frigoríficos inflamáveis e a desatualização das pessoas em relação ao uso desse fluido. Também houve um pouco de dificuldade na disponibilidade de componentes (devido à baixa demanda de mercado), o que atrasou a implementação imediata dos sistemas.

Houve uma percepção razoavelmente econômica do conceito devido à adesão aos seguintes recursos de projeto:

- Foi criado um dispositivo compacto para instalação externa;
- A aplicação da Diretiva ATEX não foi necessária;
- Foi usada uma circulação secundária para transferência de calor (a baixa temperatura).

Após intensivas conversas com vários fabricantes de componentes, e destacado o comprometimento do projeto pela Lidl como um grande usuário final, a necessária acreditação e aprovação foi concedida. Nesse meio tempo, houve uma boa disponibilidade e uma situação de competição normal para os componentes necessários.

**Parceiros**

A primeira instalação integrada foi um projeto de cooperação entre a Lidl e a Futron. A Lidl (como um importante usuário final) participou de todas as fases do projeto. Assim foi possível projetar um sistema otimizado para este tipo de aplicação. Toda a série de instalação integrada projetada pela Futron foi customizada conforme as exigências do cliente final.

**Contatos:**

Andreas Schwarz, Area manager (Andreas.schwarz@lidl.de)

Um sistema integrado da Futron em um supermercado Lidl:

## 7.8 Palfridge (Suazilândia)

**Informações sobre o produto**

A fábrica da Palfridge fica na Suazilândia, sul da África. Os produtos são vendidos pela região da África Central e do Sul, mas também no Oriente Médio e, futuramente, na Europa. Ela fabrica uma gama de unidades de refrigeração comerciais independentes (stand-alone), tais como refrigeradores comerciais de bebidas ("bottle coolers"), freezers, gabinetes refrigerados e expositores. A capacidade desses equipamentosvaria desde modelos pequenos (cerca de 50 litros) até modelos maiores (cima de 2.000 litros). A maioria dos modelos tem um tamanho de carga de HC inferior a 150 g, embora alguns excedam 300g. São usados tanto o R290 quanto o R600a, dependendo do tipo e tamanho de equipamento e da temperatura operacional. Mais de 100.000 unidades são produzidas anualmente, e toda a produção está sendo mudada de HFCs para HCs ao longo de um período de transição de 12 meses. A transição começou em 2009, esperando-se estar concluída em 2010.

**Desenvolvimento e projeto**

As principais normas empregadas para os aparelhos foram IEC 60335-2-89. Porém, onde o tamanho da carga excedeu 150 g, usou-se a norma europeia EN 378. Os laboratórios de testes locais não têm o equipamento de testes apropriado para os testes especificados na IEC 60335-2-89 (tais como os testes de simulação de vazamento). Assim equipamentos foram especialmente comprados (fornecidos pela GIZ) e modificados convenientemente para testes dos refrigeradores nas instalações da Palfridge, sob a supervisão de um laboratório externo. A conformidade às normas será por meio de autodeclaração e marcação CE. (Os laboratórios de testes locais estão usando a equipe da Palfridge para treiná-los!). Foram realizadas várias outras peças de equipamento de teste internamente.

**Produção e fabricação**

Quase toda a linha de produção foi mudada, inclusive novos equipamentos de teste de estanqueidade, linhas de evacuação, equipamento de carga de fluido frigorífico e áreas para testes de desempenho.

A área dos tanques de armazenagem de fluidos precisou de completa reconstrução. A instalação inteira foi aprovada pela VDE. Embora muitas das questões acima não fossem totalmente necessárias para implantação de HCs, elas proporcionaram a oportunidade de reprojetar radicalmente o layout da fábrica, e as rotinas da linha de produção e de testes do produto. Isso resultou em um processo de fabricação muito mais rápido conduzindo a uma grande economia de energia e de recursos, e a um produto com melhor qualidade, além de uma significativa redução de custos.

A Palfridge está atualmente trabalhando para implantar a ISO 9001.

A ISO 14000 é a próxima a ser implementada. A norma de laboratório ISO 17025 também está sendo implantada. Além disso, há um novo sistema de Segurança e Manutenção interna auxiliada por computador que documenta toda a manutenção, inspeção e reparo da instalação.

É importante destacar que ao mudar os modelos para usar HCs, várias alterações estruturais foram feitas. Na verdade, propiciou uma oportunidade de reprojetar todo o refrigerador para melhor se adequar ao novo processo de produção e para melhorar o desempenho e a qualidade. Como exemplo, para dois dos modelos a redução no consumo de energia foi de 30% a 40% em comparação ao modelo convencional, parcialmente devido ao HC e parcialmente ao novo projeto.

O treinamento para a equipe da linha de produção foi realizado pelos fornecedores do equipamento da linha de produção.

Os engenheiros e técnicos de projeto receberam treinamento geral em relação às questões de segurança do uso de HC, inclusive treinamento específico para um instrutor que ser tornou responsável por disseminar o treinamento de segurança de HC aos técnicos de campo.

Outro notável benefício da conversão foi a mudança na cultura da fábrica. Anteriormente, a fábrica era um ambiente com estruturas e maquinário em mau estado de conservação, além de locais de trabalho desarrumados; os operadores não se vestiam adequadamente de forma apresentável e trabalhavam desmotivados. Após a instalação da nova planta, a limpeza, a arrumação das instalações e a apresentação dos operários melhoraram bastante, mas, além disso, o processo de produção agora opera de modo muito mais sincronizado, de modo que a maior mudança é que os próprios operários parecem estar realmente motivados, ajudando a contribuir para que os produtos e ambiente de trabalho tenham uma qualidade muito melhor.

**Pós-venda**

O atendimento e a manutenção são e continuarão a ser realizados usando-se técnicos internos e externos. Porém, todos os técnicos relacionados à empresa receberão completo treinamento e certificação sobre como trabalhar com HC de forma segura, um programa de treinamento e certificação similar está sendo realizado pela região, principalmente para aos distribuidores, para garantir que qualquer serviço seja conduzido por um técnico competente. A Palfridge já identificou todos os técnicos de campo, criou um banco de dados e já deu início a um treinamento preliminar nos principais centros. A equipe da Palfridge já montou adequadas oficinas de trabalho de HC nesses centros, que incluem equipamento de para realização de serviços e sistemas de ventilação. Os técnicos são treinados pelos engenheiros da fábrica nesses centros tanto nos aspectos teóricos quanto práticos. Os próprios alunos realizam o "retrofit" ou trocam os compressores e readicionam a carga de fluido frigorífico usando HC. O propósito é que os técnicos estejam preparados para realizar a evacuação, carga de fluido e manutenção do equipamento. Uma segunda parte do treinamento consta de uma prova escrita e um teste prático, ambos criados pela Palfridge. Os candidatos bem sucedidos receberão um certificado de competência. Este treinamento será dado anualmente e também servirá como uma oportunidade de transmitir informações sobre o produto aos técnicos. A Palfridge também já iniciou treinamento com um centro de treinamento comercial que continuará treinando outros técnicos existentes e interessados. Localmente a Palfridge também coordenou treinamento de vários dias com alunos das Universidades e escolas técnicas locais.

**Barreiras**

Houveram algumas barreiras. Uma foi o tempo gasto para analisar e reprojetar cada modelo de refrigerador. Outra questão foi que o HC não estava disponível localmente e pouquíssimas pessoas conheciam esse tipo de fluido. A Palfridge primeiro teve que achar um fornecedor para investir na importação de HCs, o que implicava na aquisição de tanques adicionais com classificação DOT.

Quanto à construção das infraestruturas de produção, havia pouquíssimas empreiteiras capazes de executar o trabalho com um alto nível de segurança o qual é requisitado pela TÜV. A outra principal barreira foi mudar a cultura da força de trabalho para entender os problemas de segurança e obedecer às normas documentadas, especialmente a equipe de manutenção.

**Parceiros**

GIZ Proklima

**Contatos**

Roy Singh, Técnico Director (roys@palfridge.com)

Área de carga de fluido da linha de produção (à esquerda) e exemplo de alguns refrigeradores com HC (à direita):

## 7.9 Victorian Transport Refrigeration – Transporte refrigerado e A/C de veículo (Austrália)

**Informações sobre o produto**

A Victorian Transport Refrigeration (VTR) desenvolveu uma diversidade de sistemas de transporte refrigerados desde pequenas vans com 1 tonelada de capacidade até sistemas de caminhões de 5 toneladas. Dependendo da capacidade e do nível de temperatura, tais sistemas usam um "blend" de R290/R170, somente R290 e também um "blend" de R290/R600a. Estes sistemas de transporte são projetados para produção em série, mas também são feitos sob medida conforme as necessidades específicas do cliente. Embora as unidades tenham se originado da linha de produtos HCFC, os sistemas foram cuidadosamente otimizados especificamente para o uso dos HCs e também para minimizar a quantidade de carga do fluido frigorífico de tal forma que todos os modelos que usam HC contenham significativamente menos carga que os sistemas convencionais. Muitas centenas de sistemas já foram fornecidos desde o início da produção, há poucos anos.

**Desenvolvimento e projeto**

Não existe qualquer norma ou orientação de segurança internacional ou nacional (Australiana) especifica para sistemas de refrigeração de transporte, embora uma norma de segurança preliminar, a AS 1677 Item 3 (não publicado), se aplica ao uso de HC para sistemas de ar condicionado de veículos motorizados. Assim, na ausência de uma norma formal, a VTR projeta e constrói os sistemas segundo os requisitos da AS 1677 Item 2 (para sistemas estáticos), e também observa as disposições do código australiano e neo-zelandês "Refrigerant handling code of practice 2007 " Itens 1 e 2 a e do código "The Australian automotive code of practice for the control of refrigerant gases" during manufacture, installation, servicing or de-commissioning of motor vehicle air conditioners 2008" (que se aplicam ao manuseio de fluidos frigoríficos fluorados). Embora estes documentos não abordem especificamente o uso de fluidos frigoríficos HCs, eles servem como um ponto de referência para auxiliar no projeto e a manutenção dos sistemas.

**Produção e fabricação**

Os sistemas são montados com componentes disponíveis no mercado dentro da infraestrutura de produção, onde eles também são montados nos veículos. Apesar de a produção ser ligeiramente diferente para garantir que sejam usados os componentes corretos e que sejam evitadas as fontes potenciais de ignição, não há diferenças significativas.

Porém, é necessário um processo de verificação para garantir que o veículo ou trailer no qual as peças de refrigeração são instaladas não apresente quaisquer fontes potenciais de ignição. Uma vez que os sistemas recebem a carga de fluido frigorífico após a instalação, a área de produção não precisa atender aos requisitos para áreas perigosas. Entretanto, para carga de fluido e manutenção de sistemas, usa-se uma área dedicada. A infraestrutura da fabrica é baseada em procedimentos internos de qualidade para garantir que sejam tomadas as precauções necessárias em cada estágio do processo.

**Pós-venda**

Serviços de pós-venda e manutenção são realizados por técnicos da VTR, que realizam serviços e programas de manutenção regular no local. As informações dos sistemas em campo são cuidadosamente registradas, e programas de manutenção preventiva são aplicados para garantir confiabilidade do sistema, evitando o risco de expor o cliente a falhas de sistema que geram altos custos. Todos os funcionários são mecânicos de refrigeração qualificados pelos colégios técnicos "TAFE", e possuem qualificações do Certificado 3 em combinação com um curso padrão de 4 anos.

O sistema TAFE não oferece um treinamento específico para refrigeração de transporte, então este treinamento é fornecido internamente, com suporte e assessoria técnica dos fornecedores de fluido frigorífico.

**Barreiras**

Uma principal barreira é, conforme identificado acima, a falta de normas apropriadas de segurança. Enquanto foram desenvolvidas orientações internas para permitir o uso adequado de produtos com HC, a disponibilidade de códigos de práticas industriais ou nacionais, ou até outros tipos de normas certamente auxiliariam a solucionar problemas decorrentes da falta de aceitação da tecnologia HC.

Porém, as principais barreiras encontradas não foram de natureza técnica ou comercial, mas sim devido à pressão dos especialistas do segmento e também da concorrência que alegaram que o uso de HCs não era viável, e que o fluido frigorífico não funcionaria ou então danificaria o equipamento. Apesar dessa resistência tão significativa, a VTR foi perseverante e continuou com o desenvolvimento e comercialização do produto. E como resultado houve um crescente "feedback" positivo dos clientes e usuários com base em evidências e experiência prática.

**Parceiros**

O principal parceiro foi o fornecedor de fluido frigorífico, Hychill Australia, que trabalhou em estreito contato com a VTR para proporcionar assessoria técnica e para oferecer orientação quanto ao projeto de sistema e a problemas de manutenção.

**Contatos**

Rohan Cox (scms01@bigpond.com)

Ross Bradshaw (ross@hychill.com.au)

Sistema de refrigeração instalado dentro de uma câmara frigorífica móvel em um caminhão:

## 7.10 Parceria da Waitrose com a John Lewis (Reino Unido)

**Informações sobre o produto**

Supermercados que usam R290 e R1270; até 70 itens integrados inclusive expositores e câmaras frigoríficas, os quais estão todos interligados por tubulações de água. A carga media de um único sistema é cerca de 700 g e, a quantidade total de fluido frigorífico é aproximadamente 75 kg.

**Desenvolvimento e projeto**

As normas de segurança usadas como referência foram: EN 378 Partes 1 – 4: 2008/9, Código de Prática IoR (Fluidos frigoríficos A2 A3), EN 60335-2-40: 2003, EN 60079-0: 2009, EN 60079-10-1: 2009, EN 60079-14: 2008, EN 60079-15: 2005. O sistema usou peças e equipamentos de vários OEM's, inclusive fabricantes de expositores e de resfriadores (chillers). Em todo o projeto foram usados basicamente: expositores refrigerados do tipo "stand-alone" com sistema de expansão direta integrado usando HC e resfriados (condensação) a água, um circuito resfriado a água (entre área comercial e os chillers) e chillers de HC resfriados (condensação) a água e montados no telhado. O sistema recupera o ar frio da área comercial e o utiliza para proporcionar o conforto térmico (ar condicionado) dessa área e também das áreas localizadas no fundo do supermercado, pois apenas uma pequena quantidade do calor é rejeitada dos expositores diretamente para a área comercial através de uma serpentina de dessuperaquecimento, que fica na descarga do compressor antes do condensador de placas resfriado a água. O sistema também incorpora outros expositores do tipo "stand-alone" e aparelhos resfriados (condensação) a ar os quais também usam HC, por exemplo: máquinas de gelo. Também são usados pequenos sistemas de ar condicionados do tipo split de HC para resfriar pequenos escritórios e a sala de jantar quando as temperaturas desses locais estão acima da temperatura de conforto.

**Produção e fabricação**

A produção dos equipamentos com HC foi realizada por aproximadamente 10 OEM's e então os equipamentos foram enviados para o local de instalação para serem pré-comissionados e colocados em operação. Vários dos OEM's já estavam produzindo diversos equipamentos com HC os quais foram convertidos da sua linha padrão de produtos HFC, porém houveram outros que tiveram que começar do zero. Em geral, os OEM's tiveram que modificar a infraestrutura de suas linhas de produção para atender a normas relevantes, inclusive DSEAR / ATEX, e também tiveram que adquirir equipamentos para realizar a carga de fluido frigorífico HC de forma automática, principalmente para expositores que usam quantidades menores de carga de fluido, ou seja, <800 g.

**Pós-venda**

A manutenção das instalações é realizada por empresas de serviço que passaram por treinamento para manuseio de fluido frigorífico HC, conforme especificado pela Waitrose. Há atualmente (Maio de 2010) no Reino Unido mais de 5.000 pessoas treinadas para realizar serviços em equipamentos com HC e esta quantidade vem aumentando a cada semana.

**Barreiras**

Ainda há várias ambiguidades e contradições em normas que foram primariamente escritas para incluir sistemas HC com tamanhos da carga muito pequenos. Muitas das normas de refrigeração específicas podem, em certos lugares, contradizer ou se sobrepor em relação à DSEAR / ATEX, e isto continua a ser debatido.

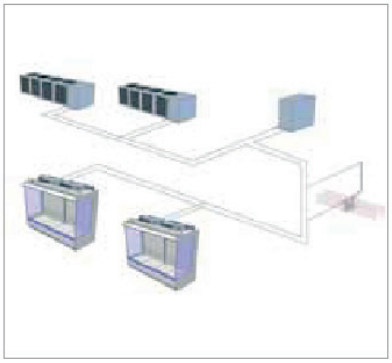
**Parceiros**

A Waitrose trabalhou com mais de 10 fornecedores para desenvolver um sistema livre de HFC para o supermercado, isto incluiu um consultor especializado em fluidos frigoríficos HCs e também envolveu a verificação de todo o projeto e fabricação dos equipamentos dos OEMs para garantir conformidade com as normas relevantes.

**Contatos**

Les King, Refrigeration Manager (les_King@waitrose.co.uk)

Exemplos dos equipamentos usados na loja da Waitrose sendo: um chiller com HC (à esquerda), layout do sistema (centro) e um expositor refrigerado (à direita):



# BIBLIOGRAFIA, NORMAS E LEITURA ADICIONAL

## Normas de países


- BS 4434: 1995 (cancelada) – Specification for safety and environmental aspects in the design, construction and installation of refrigerating appliances and systems (Reino Unido).
- ASHRAE 15-2007 – Safety Standard for Refrigeration Systems Safety Standard for Refrigeration Systems (EUA).
- ASHRAE 34-2007 – Designation and Safety Classification of Refrigerants(EUA).
- UL 250: 1993 – Standard for Safety of Household refrigerators and freezers(EUA).
- UL 471: 2006 – Standard for Safety of Commercial Refrigerators and Freezers(EUA).
- AS/NZS 1677: 1998/Amdt 2: 2000 – Refrigerating systems - Safety requirements for field applications (Austrália/Nova Zelândia).
- SNI-06-6500-2000 – Refrigerant application for field Installation(Indonésia).
- NPR 7600: 2001 (cancelada) – Application of natural refrigerants in refrigeration and heat pumps(Países Baixos).
- DIN 7003: 1995 (cancelada) –Refrigeration plants and heat pumps with flammable refrigerants. group L3 – Safety requirements (Alemanha).
- SN 253130: 2000 – Refrigeration plants – Requirements in relation to the site(Suíça).


## Normas europeias


- EN 378: 2008 – Refrigeration Systems and Heat Pumps –Environmental Requirements.
- EN 15834: 2009 – Refrigerating systems and heat pumps — Qualification of tightness of components and joints.
- EN 1127-1: 2007 – Explosive atmospheres – explosion prevention and protection. Basic concepts and Methodology.
- EN 1012-1: 1997 – Compressors and vacuum pumps. Safety requirements. Compressors.
- EN 1012-2: 1997 – Compressors and vacuum pumps. Safety requirements. Vacuum pumps.
- EN 12178: 2003 – Refrigerating Systems and heat pumps. Liquid level Indicating Devices. Requirements, testing & marking.
- EN 12263: 1999 – Refrigerating systems and heat pumps. Safety switching devices for limiting the pressure. Requirements and tests.
- EN 12284: 2003 – Refrigerating Systems and Heat pumps. Valves. Requirements, Testing and Marking.
- EN 12693: 2008 – Refrigerating systems and heat pumps. Safety and environmental requirements. Positive displacement refrigerant compressors.
- EN 13136: 2001 – Refrigerating systems and heat pumps. Pressure Relief Valves and their associated piping. Methods for calculation.
- EN 13313: 2008 – Refrigeration Systems and Heat Pumps. Competence of Personnel.
- EN 13463-1: 2001 – Non-electrical equipment for potentially explosive atmospheres. Basic method and requirements.
- EN 13463-5: 2003 – Non-electrical equipment for potentially explosive atmospheres. Part 5. Protection by constructional safety.

- EN 13463-6: 2005 – Non-electrical equipment for potentially explosive atmospheres. Protection by control of ignition source.
- EN 14276-1: 2006 – Pressure Equipment for refrigerating systems and heat pumps. Vessels. General requirements.
- EN 14276-2: 2007 – Pressure Equipment for refrigerating systems and heat pumps. Piping. General requirements.
- EN 14797: 2006 – Explosion venting devices.
- EN 14986: 2007 – Design of fans working in potentially explosive atmospheres.
- EN 15198: 2007 – Methodology for the risk assessment of non-electrical equipment and componentsfor intended use in potentially explosive atmospheres.
- EN 1736: 2000 – Refrigerating Systems and Heat Pumps, Flexible Pipe Elements, Vibration Isolators and Expansion joints.
- EN 60079-0: 2006 – Electrical apparatus for explosive gas atmospheres. General requirements.
- EN 60079-10-1: 2009 – Electrical apparatus for explosive gas atmospheres. Classification of hazardous Areas.
- EN 60079-14: 2003 – Electrical apparatus for explosive gas atmospheres. Electrical installations in hazardous areas (other than mines).
- EN 60079-15: 2003 – Electrical apparatus for explosive gas atmospheres. Type of protection “n”.
- EN 60079-17: 2003 – Electrical apparatus for explosive gas atmospheres. Inspection and maintenance of electrical installations in hazardous areas (other than mines).
- EN 60079-19: 2007 – Explosive atmospheres. Equipment repair, overhaul and reclamation.
- EN 60079-20: 2000 – Electrical apparatus for explosive gas atmospheres. Data for flammable gases and vapours, relating to the use of electrical apparatus.
- EN 60204-1: 2006 – Safety of machinery. Electrical equipment of machines. General requirements.
- EN TR 14739: 2004 – Scheme for carrying out a risk assessment for flammable refrigerants in case of household refrigerators and freezers. BSI, London. 2004.

## Normas internacionais

- DIS ISO 5149: 2009 – Mechanical refrigerating systems used for cooling and heating – Safety requirements.
- IEC 60335-2-24: 2007 – Specification for safety of household and similar electrical appliances. Particular requirements for refrigerating appliances, ice-cream appliances and ice-makers.
- IEC 60335-2-34: 2002 – Specification for safety of household and similar electrical appliances. Particular requirements for motor-compressors.
- IEC 60335-2-40: 2003 – Specification for safety of household and similar electrical appliances. Safety. Particular requirements for electrical heat pumps air-conditioners, and dehumidifiers.
- IEC 60335-2-89: 2007 – Specification for safety of household and similar electrical appliances. Safety. Particular requirements for commercial refrigerating appliances with an incorporated or remote refrigerant condensing unit or compressor.
- ISO 4126: 2004 – Safety Devices for Protection against excessive pressure.
- ISO 4126-2: 2003 – Safety devices for protection against excessive pressure. Bursting disc safety Devices.
- ISO 817: 2005 – Refrigerants – designation and system classification.

## Orientações gerais (destinadas ao setor industrial)


- ACRIB. Guidelines for the safe use of HC refrigerants. Air Conditioning and Refrigeration Industry Board, London UK, 2000.
- Code of Practice 1 – Bulk LPG Storage at Fixed Installations - Liquefied Petroleum Gas Association (LPGA).
- Code of Practice 2 – Safe Handling and Transport of LPG in Road Tankers and Tank Containers by Road - Liquefied Petroleum Gas Association (LPGA).
- Code of Practice 3 – Prevention or Control of Fire Involving LPG - Liquefied Petroleum Gas Association (LPGA).
- Code of Practice 7 – Storage of Full and Empty LPG Cylinders and Cartridges -Liquefied Petroleum Gas Association (LPGA).
- Code of Practice 24 – Use of LPG Cylinders - Liquefied Petroleum Gas Association (LPGA).
- Code of Practice 27 – Carriage of LPG Cylinders by Road - Liquefied Petroleum Gas Association (LPGA).
- Minimisation of Refrigerant Emissions from Refrigerating Systems – Institute of Refrigeration.
- PD 6686:2006: Guidance on directives, regulations and standards related to prevention of fie and explosion in the process industries. British Standards Institution, London, UK.
- Risk Assessments – British Refrigeration Association (BRA).
- Specifications including: "Jointing of Copper Pipework for Refrigeration Systems" – British Refrigeration Association (BRA).
- Safety Code of Practice for Refrigerating Systems Utilising A2/A3 Refrigerants – Institute of Refrigeration.


## Leitura adicional


- ADL. Risk assessments of flammable refrigerants. Report for Calor Gas Ltd. Arthur D. Little, Cambridge, UK. 1998.
- Blom-Bruggeman, J. M, van Gerwen, R. J. M., Verwoerd, M. Risk Assessment of typical cooling and heating systems using natural working fluids. Part: Risk assessment methodology. R96-348. Report of TNO, Apeldoorn. Netherlands. 1996a.
- Blom-Bruggeman, J. M, van Gerwen, R. J. M., Verwoerd, M. Risk Assessment of a Bulk Milk Tank using Hydrocarbon Refrigerant. Final Report of TNO, Apeldoorn. Netherlands. 1996b.
- Cleaver, R. P., Marshall, M. R., Linden, P. F. The build-up of concentration within a single enclosed volume following a release of natural gas. J. Hazardous Materials, no. 36, pp. 209-226, 1994.
- Clodic, D., Cai, W. Study of diffusion of propane and iso-butane in rooms respecting the standardised practical limit. Proc. ASHRAE Annual Meeting, Boston, USA, 1997.
- Clodic, D., Cai, W. Tests and simulations of diffusion of various hydrocarbons in rooms from air conditioners and refrigerators. Proc. IIR Conf. Natural Working Fluids, Aarhus, Denmark, 1996.
- Colbourne D., Safety of appliances using hydrocarbon refrigerants. In "Natural Refrigerants Sustainable Ozone- and Climate-Friendly Alternatives to HCFCs", GTZ Proklima, Eschborn, Germany. 2008.
- Colbourne, D, Suen, K. O., Risk analysis of flammable refrigerants, Part 1: Correlations for concentrations from leaks, Proc. 7th IIR Gustav-Lorentzen Conf., Copenhagen, Denmark. 2008.
- Colbourne, D, Suen, K. O., Risk analysis of flammable refrigerants, Part 2: Methodology for calculation of risk frequencies and flammable quantities, Proc. 7th IIR Gustav-Lorentzen Conf., Copenhagen, Denmark. 2008.

- Colbourne, D, Suen, K. O., Risk analysis of flammable refrigerants, Part 3: A simplified method for estimating the risk, Proc. 7th IIR Gustav-Lorentzen Conf., Copenhagen, Denmark. 2008.
- Colbourne, D., Suen, K. O. Appraising the Flammability Hazards of Hydrocarbon Refrigerants using Quantitative Risk Assessment Model. Part I: Modelling Approach. Int. J. Refrig., pp. 774 – 783, Vol. 27. 2004.
- Colbourne, D., Suen, K. O. Appraising the Flammability Hazards of Hydrocarbon Refrigerants using Quantitative Risk Assessment Model. Part II: Model evaluation and analysis. Int. J. Refrig., pp. 784 – 793, Vol. 27. 2004.
- Colbourne, D., Suen, K. O. Equipment design and installation features to disperse refrigerant releases in rooms. Part I: Experiments and analysis. Int. J. Refrig., No. 6, Vol. 26. 2003.
- Colbourne, D., Suen, K. O. Equipment Design and Installation Features to Disperse Refrigerant Releases in Rooms. Part II: Determination of procedures. Int. J. Refrig., No. 6, Vol. 26. 2003.
- Committee for the Prevention of Disasters (CPD). Guidelines for quantitative risk assessment of hazardous materials (liquids and gases). CPR-18E (Purple Book), 1st edition. The Hague, The Netherlands. 1999.
- Committee for the Prevention of Disasters (CPD). Methods for determining and processing probabilities. CPR-12E (Red Book), 1st edition. The Hague, The Netherlands. 1988.
- Committee for the Prevention of Disasters (CPD). Methods for the calculation of the physical effects due to releases of hazardous materials (liquids and gases). CPR-14E (Yellow Book), 3rd edition. The Hague, The Netherlands. 1997.
- Committee for the Prevention of Disasters (CPD). Methods for the calculation of consequences of the releases of hazardous materials (liquids and gases). CPR-16E (Green Book), 1st edition. The Hague, The Netherlands. 1992.
- Corberan, J. M., Segurado, J., Colbourne D., et al., Review of standards for the use of hydrocarbon refrigerants in A/C, heat pump and refrigeration equipment. Int. J. Refrig. Vol. 31, No. 4. 2008 243.
- Elbers, S. J., Verwoerd, M. Quantitative Risk Assessment of a Heat Pump System with Propane Refrigerant. Final Report of TNO, R97-238. Apeldoorn, The Netherlands. 1997.
- Fletcher, B., Johnson, A. E. The accumulation of gases in ventilated and unventilated enclosures. Ventilation '85, H. D. Goodfellow (Ed.), Amsterdam, 1986.
- Gerwen, R. J. M., van, Jansen , C. M. A. Risk assessment of flammable refrigerants. Proc. IIR Conf. Natural Working Fluids, Hannover, Germany. 1994.
- Gerwen, R. J. M., van, Koffijberg, H. Natural refrigerants: applications and risks. Proc. IIR 19th Int. Congr. Refrig. The Hague, The Netherlands. 1995.
- Gerwen, R. J. M., van, Verwoerd, M. Quantification and evaluation of safety risks related to the use of ammonia and hydrocarbons as refrigerants. Proc. IEA Heat Pump Programme Annex 22 Workshop "Compression systems with natural working fluids", HPP-AN22-3. October 1996.
- Goetzler, W., Bendixen, L., Bartholomew, P. Risk assessment of HFC-32 and HFC-32/134a (30/70 wt. %) in split system residential heat pumps. Final Report DOE/CE/23810-92 for ARTI, Arthur D. Little, USA. April 1998.
- Health and Safety Executive (HSE) information sheet, Use of LPG in small bulk tanks, Chemical Sheet No 4, October 1999, http://www.hse.gov.uk/pubns/chis4.pdf.
- Health and Safety Executive (HSE). Reducing risks, protecting people. HMSO, Norwich, 2001.
- Jabbour, T. Clodic, D. Ignition tests of flammable refrigerant leaks in ventilated and unventilated rooms. Proc. 5th IIR Gustav-Lorentzen Conf., Guangzhou, China. 2002.
- Jansen, C. M. A., van Gerwen, R. J. M. Risk assessment of the use of flammable refrigerants. (In transport refrigeration.) R95-189. Final Report of TNO, Apeldoorn, Netherlands. 1996.

- Kataoka, O., Ishida, S., Hirakawa, T., Yoshizawa, M. Experimental and numerical analyses of refrigerant leaks in a closed room. ASHRAE Transactions, pp. 1151 - 1158, ASHRAE, Atlanta, USA. 2000b.
- Kataoka, O., Yoshizawa, M., Hirakawa, T. Allowable charge calculation method for flammable refrigerants. Proc. Int. Refrig. Conf. Purdue, USA. 2000a.
- Leach, S. J., Bloomfield, D. P. Ventilation in relation to toxic and flammable gases in buildings. Build. Sci. Vol. 8., pp. 289-310, 1973.
- Lee, K-W. A methodology for assessing risk from released hydrocarbon in an enclosed area. J. Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 15, pp. 11 – 17. 2002.
- Maclaine-cross I. L., Insurance risk for hydrocarbon refrigerants in car air conditioners. Proc. Melbourne Meet., IIR, Melbourne, Australia. 1996.
- Maclaine-cross I. L., Usage and risk of hydrocarbon refrigerants in motor cars for Australia and the United States. Int. J. Refrig., Vol. 27, No. 4. 2004.
- Maclaine-cross, I. L., Refrigerant concentrations in car passenger compartments. Proc. int. Conf. Ozone Prot. Technol., Baltim., USA. 1997.
- Marshall, M. R. The effect of ventilation on the accumulation and dispersal of hazardous gases. Proc. Inst. Chem Eng. 4th Int. Symp. On loss prevention and safety promotion in the process industries, Harrogate, Series No. 82, 1984.
- Nowacki, J-E. Alternativa koldmedier – Safety with flammable refrigerants. Report no. 7. CIT Chalmers Teknikpark, Goteborg, Sweden. 1995.
- Rabkinkov, V. A. The distribution of flammable gas concentration in rooms. Fire Safety J., Vol. 13, pp. 211 – 217. 1988.
- Richard, R. Flammability hazard classification of refrigerants. Proc. IIR International Congress Refrigeration, Washington, USA. 2003.
- Ritter, T. J., Colbourne, D. Quantitative Risk Assessment: Hydrocarbon Refrigerants. Proc. IIR Gustav-Lorentzen Conf., Oslo, Norway. 1998.
- Roberts, A. F. Methods for estimating harmful consequences of fires and explosions following a release of LPG. IR/F/FR/80/10. November 1980.
- Tadros A., Clark J. W., Maclaine-cross I. L., et al., Replacing fluorocarbons with hydrocarbon mixtures in centrifugal water chillers. Proc. 7th IIR-Gustav Lorentzen Conf. Nat. Working Fluids, Trondheim, Norway. 2006.
- Tadros A., Maclaine-cross I. L., Leonardi, E. Safe plant rooms for large hydrocarbon chillers. In “Natural Refrigerants Sustainable Ozone- and Climate-Friendly Alternatives to HCFCs”, GTZ Proklima, Eschborn, Germany. 2008.
- Tosovic D. R., Maclaine-cross I. L., Safety features of hydrocarbons refrigerants in car air conditioning. CLIMA 2000, Brussels, Belgium. 1997.
- United Nations Environment Programme. Study on the Potential for Hydrocarbon Replacements in Existing Domestic and Small Commercial Refrigeration Appliances. UNEP Division of Technology, Industry and Economics, Energy and OzonAction Unit, OzonAction Programme, Paris, France. 1997.
- Wolfer, M. Flammable working fluids in Switzerland: risk assessment of natural working fluids. Proc. Workshop Proc. IEC Heat Pump Programme “Natural working fluids - a challenge for the future”, Report no. HPC-WR-21, Paris, France, November 1999.
- Wolfer, M., Seiler, H. Ammoniak und Kohlenwasserstoffe als kaltemittel: riskoanalyse, produktehaftpflicht und strafrecht. Bundesamtes fur Energie, Switzerland. December 1999.
- Woodward, J. L. Estimating the flammable mass of a vapour cloud. Centre for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers, New York, USA, 1998.

# ABREVIAÇÕES

| | |
|---|---|
| AAE | Análise por Árvore de Eventos |
| AAF | Análise por Árvore de Falhas |
| AB | Alquilbenzeno |
| A/C | Ar Condicionado |
| ACRIB | Air Conditioning and Refrigeration Industry Board |
| ADR | "*Articles dangereuses par routier*" |
| AQR | Análise Quantitativa do de Riscos |
| ARC | AREA refrigeration craftsman/craftswomen (especialistas em refrigeração da AREA) |
| AREA | Air Conditioning and Refrigeration European Association |
| ATEL | "*Acute toxicity exposure limit*" (limite de exposição para intoxicação aguda) |
| ATEX | "**AT**mosphère **EX**plosible" (sinônimo da Diretiva europeia ATEX) |
| BMZ | Ministério Federal Alemão de Cooperação Econômica e Desenvolvimento |
| BRA | British Refrigeration Association |
| CE | "Conformité européenne" |
| CEN | "Comité européen de normalization" |
| CENELEC | "Comité européen de normalisation electrotechnique" |
| Cf | *"Conversion Factor"* – Fator de conversão |
| CFC | Clorofluorcarboneto |
| CFD | "*Computational Fluid Dynamics*" – Fluidodinâmica computacional |
| COP | Coeficiente de performance |
| CPD | "*Committee for the Prevention of Disasters*" |
| CQ | Controle de Qualidade |
| CRE | Carter Retail Equipment |
| DENA | German Energy Agency |
| DGNB | "*German Sustainable Building Council*" |
| DN | Diâmetro nominal |
| DOT | Departamento de Transportes (EUA) |
| DSEAR | "*Dangerous substances explosive atmospheres regulations*" |
| EC | "*European Commission*" – Comissão Europeia |
| EN | "*European norm*" – Norma Europeia |
| FMCG | "*Fast moving consumer goods*" |
| FMEA | "*Failure Modes and Effect Analysis*" – Análise de Modos e Efeitos de Falhas |
| FML | Fundo Multilateral |
| FTC | Fluido de Transferência de Calor |
| GEE | Gases de efeito estufa |
| GLP | Gás liquefeito de petróleo |
| GNC | Gases não condensáveis |
| GIZ | "Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit" (agência alemã de cooperação internacional) |
| GWP | "*Global warming potential*" – Potencial de aquecimento global |
| HazOp | "*Hazard and Operability Study*" – Análise de Riscos e Operabilidade |
| HC | Hidrocarboneto |
| HCFC | Hidroclorofluorcarboneto |
| HFC | Hidrofluorcarboneto |
| HPMP | Plano de Gerenciamento de Eliminação dos HCFCs |
| HUL | Hindustan Unilever Limited |
| HVAC | "*Heating, ventilating and air conditioning*" – Aquecimento, ventilação e ar condicionado" |
| IATA | "International Air Transport Association" – Associação Internacional de Transportes Aéreos |
| IEC | "International Electro-technical Commission" – Comissão Eletrotécnica Internacional |
| IMDG | "International Maritime Dangerous Goods Code" – Código internacional marítimo para cargas perigosas |
| IMQ | "Instituto italiano del marchio di qualita" |
| ISO | "International Standardisation Organisation" – Organização Internacional para Padronização |

| | |
|---|---|
| JCI | Johnson Controls International |
| LII | Limite Inferior de Inflamabilidade |
| LGPA | "Liquid Petroleum Gas Association" – Associação de Gás Liquefeito de Petróleo |
| LP | Limite prático |
| LSI | Limite Superior de Inflamabilidade |
| ODL | "*Oxygen deprivation limit"* (Limite mínimo da concentração de oxigênio para evitar risco de asfixia) |
| OEM | "*Original equipment manufacturer*" |
| OFDN | "*Oxygen-free and dry nitrogen*" – Nitrogênio seco sem oxigênio |
| PAG | Polialquileno glicol |
| PAO | Polialfa olefinas |
| PE | "Pressure equipment" – Equipamento sob Pressão |
| PED | "Pressure equipment directive" – Diretiva Europeia de Equipamento sob Pressão |
| POE | Polyolester |
| ppm | partes por milhão |
| PRV | "*Pressure relief valve*" – válvula de alívio de pressão |
| PS | Pressão |
| RAC | Refrigeração e Ar Condicionado |
| SDO | Substancia Destruidora da camada de Ozônio |
| SGQ | Sistema de Gestão da Qualidade |
| SNC | Sistema nervoso central |
| SOI | "*Sources of ignition*" – Fonte de ingnição |
| TDGR | "United Nations Model Regulations for Transport of Dangerous Goods" – Recomendações das Nacões Unidas para Transporte de Mercadorias Perigosas |
| TLV-TWA | Threshold limit value – time weighted average |
| TÜV | "Technischer Überwachungsverein" – Associação de Supervisão Técnica da Alemanha |
| UE | União Europeia |
| UN | "United Nations" – Nações Unidas |
| UNO | Unidade Nacional do Ozono |
| UPS | "*Uninterruptible power supply*" – Alimentação ininterrupta de energia ou "*No-break"* |
| UTA | Unidade de tratamento de ar |
| V | Volume |
| VDE | "Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik" – Associação de Tecnologias Elétricas, Eletrônicas e de Informação |
| VET | "Vocational and educational training" – Treinamento educacional e profissionalizante |
| VETC | "Vocational and educational training centres" – Centro de treinamento educacional e profissionalizante |
| VTR | "Victorian transport refrigeration" |
| WEEE | "Waste electrical and electronic equipment" – Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos |

# GLOSSÁRIO

**AAE (Análise por Árvore de Eventos)**: uma técnica baseada em uma lógica, caracterizando a probabilidade de ocorrerem riscos, conforme ocorram ou não determinados eventos.

**AAF (Análise por Árvore de Falhas):** uma técnica que combina um método gráfico e probabilidades estimadas para determinar a probabilidade de resultados indesejáveis. Ele também ajuda a desenvolver sistematicamente uma visão geral dos possíveis eventos que levam a uma ou mais consequências.

**ADR (Articles Dangereuses par Routier)**: é um regulamento instituído em 2009, que deve ser consultado quando se transporta máquinas de refrigeração por rodovias e ferrovias dentro da Europa.

**AQR (Análise Quantitativa de Riscos)**: é um método utilizado para se avaliar quantitativamente a probabilidade de ocorrer um determinado risco, como a probabilidade da ocorrência de ignição de um gás inflamável e a gravidade das consequências, normalmente baseado nos dados estatísticos e empíricos dos eventos causadores.

**ATEL ("Acute-Toxicity Exposure Limit" – Limite máximo de exposição aguda)**: descreve os efeitos nocivos de uma substância, que resultam de uma única exposição ou de múltiplas exposições em curto espaço de tempo (normalmente menos de 24 horas). Para serem caracterizados como intoxicação aguda, os efeitos nocivos deverão ocorrer dentro de um prazo de 14 dias após a exposição à substância.

**Avaliação (treinamento)**: é um processo onde as evidências geradas, coletadas e providenciadas sobre uma pessoa são julgadas para determinar a sua competência.

**Brasagem**: é um processo de união através do qual um metal ou uma liga de adição é aquecido até uma temperatura de fusão acima de 450 °C e distribuído de forma específica e direcionada entre duas ou mais partes encostadas através de ação capilar.

**CEN (Comité Européen de Normalisation)**: é um importante organismo que define as normas europeias e as especificações técnicas. A única organização europeia reconhecida, de acordo com a Diretiva 98/34/EC, para o planejamento, a elaboração e a instituição das normas europeias em todas as áreas de atividade econômica exceto a eletrotecnologia (CENELEC) e as telecomunicações (ETSI).

**Carga**: é uma palavra normalmente utilizada para indicar o volume ou a massa de fluido frigorífico utilizado em um circuito de um sistema de refrigeração.

**Categoria de ocupação**: é um tipo de categoria de um local que é ocupado por pessoas, e essa categoria é necessária para a determinação das exigências relacionadas ao sistema de segurança o qual deve ser considerado no projeto do sistema de refrigeração; tanto a categoria A (por exemplo: local público), B (por exemplo: local privado) ou C (por exemplo: local somente acessível a pessoas autorizadas).

**CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique)**: é uma organização técnica sem fins lucrativos, estabelecida segundo a legislação belga e composta pelas Comissões Eletrotécnicas Nacionais de 31 países europeus.

**Certificado (treinamento)**: é um documento emitido segundo as regras de um sistema de avaliação, indicando que a pessoa mencionada tem competência para lidar com as exigências referentes à tecnologia, saúde, segurança, proteção ambiental e conservação da energia, aplicadas em sistemas de RAC que operam com fluidos frigoríficos HCs.

**Certificação (treinamento)**: é um procedimento utilizado para comprovar a qualificação de uma pessoa em um determinado nível e então emitindo um certificado.

**Certificado CE**: é uma marca atestando que um produto atendeu às Exigências da UE referentes à segurança, saúde ou ambiente. Um organismo de notificação pode estar envolvido no projeto, na produção ou

em ambos e o certificado CE deverá ser acompanhado pelo número de identificação do organismo de notificação. O certificado CE é uma declaração visível do fabricante (ou do representante, importador etc.), de que o equipamento atende a todas as exigências de todas as diretrizes aplicáveis.

**CFC (clorofluorocarboneto)**: são halocarbonetos contendo apenas átomos de cloro, flúor e carbono, os quais são substâncias destruidoras da camada de ozônio (SDOs) e que contribuem para o aquecimento global.

**Competência (treinamento)**: é a habilidade de desempenhar de forma segura e satisfatória as atividades de uma ocupação e, com referência a este manual, ser competente significa ter conhecimento e/ou habilidade para desempenhar a(s) tarefa(s) em questão, de forma a atingir o melhor nível possível, e ao mesmo tempo perceber os problemas relevantes, para entender porque a tarefa deve ser executada de uma determinada forma. A pessoa será considerada competente se for comprovado que ela for capaz de desempenhar as atividades necessárias.

**COP (coeficiente de performance)**: é um parâmetro para medir a eficiência energética de um sistema de refrigeração, definido como a relação entre a capacidade de refrigeração e a energia consumida pelo sistema, dependente principalmente do ciclo de refrigeração e dos níveis de temperatura (temperatura de evaporação e condensação), bem como das propriedades do fluido frigorífico, do tipo e da capacidade do sistema. (Outra expressão também utilizada para comparação de eficiência energética é a "EER- Energy Effiiency Ratio" ou índice de eficiência energética.)

**CQ (Controle da Qualidade)**: é um procedimento ou um conjunto de procedimentos destinado a garantir que um produto fabricado ou instalado, um serviço ou algum outro processo respeite um conjunto definido de critérios de qualidade ou atenda a determinadas exigências. Os exemplos incluem testes de segurança, inspeções por terceiros e classificação da qualidade.

**Espaço ocupado**: é um espaço delimitado pelas paredes, pelo piso e pelo teto, em edifícios que são ocupados pelas pessoas durante períodos consideráveis.

**FISPQ (Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos)**: um boletim de orientações sobre a segurança, o qual é elaborado pelos fabricantes ou fornecedores de produtos químicos, referente a um determinado fluido frigorífico ou composto.

**Fluido Frigorífico**: é um fluido utilizado para transferir calor em um sistema de refrigeração, que absorve o calor que ele está a baixa pressão e temperatura e o rejeita a uma temperatura e pressão mais elevada, normalmente envolvendo alterações em sua fase.

**FMEA ("Failure Modes and Effect Analysis" – Análise de Modos e Efeitos de Falhas):** é um método de se avaliar principalmente os efeitos das falhas ou defeitos dos componentes individuais internos do sistema, visando identificar quais são os componentes mais críticos e, assim, os que exigem maior atenção.

**FML (Fundo Multilateral)**: um fundo constituído em 1991, para ajudar os países A5 a atender seus compromissos segundo o Protocolo de Montreal, por meio de atividades de financiamento incluindo conversão industrial, assistência técnica, treinamento e aumento da capacidade.

**GEE (Gases de Efeito Estufa)**: são os elementos gasosos que constituem a atmosfera, tanto os gases naturais quanto os antropogênicos, os quais absorvem e emitem radiações dentro do espectro das radiações térmicas infravermelhas, que são emitidas pela superfície terrestre, pela atmosfera e pelas nuvens. Esta propriedade ocasiona o efeito estufa.

**GLP (Gás Liquefeito de Petróleo)**: uma mistura de vários hidrocarbonetos – normalmente propano e/ou butano – normalmente utilizada como gás combustível para aquecimento ou para cozinhar. Inevitavelmente, a composição do GLP normalmente inclui umidade, enxofre e outras substâncias normalmente inadequadas para a utilização em sistemas de refrigeração.

**GNCs (Gases Não Condensáveis)**: contaminantes gasosos ocasionalmente encontrados no interior de um sistema de refrigeração, frequentemente nitrogênio e oxigênio provenientes do ar, que se acumulam no lado de alta pressão de um sistema e reduzem seu desempenho.

**GWP ("Global Warming Potential" – potencial de aquecimento global)**: é um índice que compara o impacto climático da emissão de um gás de efeito estufa, em relação àquele da emissão do mesmo volume de dióxido de carbono. O GWP é calculado como a relação do tempo da radiação integrada que força o surgimento da emissão de 1 kg de uma substância, em relação àquela de 1 kg de dióxido de carbono, durante um período predeterminado.

**HazOp ("Hazard and Operability Study" – Análise de Riscos e Operacionalidade)**: é um método semelhante à técnica de avaliação de riscos, no sentido de oferecer um meio eficaz de se perceber os possíveis riscos apresentados por sistemas e instalações, que podem em seguida ser quantificados por outros meios.

**HC (hidrocarboneto)**: é um composto químico consistindo em um ou mais átomos de carbono cercados por átomos de hidrogênio.

**HCFC (hidroclorofluorcarboneto)**: é um halocarboneto contendo apenas átomos de hidrogênio, cloro, flúor e carbono. Uma vez que os HCFCs contêm cloro, eles contribuem com a destruição da camada de ozônio e também com o efeito estufa.

**HFC (hidrofluorcarboneto)**: é um halocarboneto contendo apenas átomos de carbono, hidrogênio e flúor. Uma vez que os HFCs não contêm nenhum cloro, bromo ou iodo, eles não contribuem para a destruição da camada de ozônio, mas, como outros halocarbonetos, constituem poderosos gases de efeito estufa.

**HPMP (Plano de Gerenciamento de Eliminação dos HCFCs)**: é um programa que abrange elementos políticos e técnico, que permitem a um país interromper a utilização dos HCFCs, segundo a programação proposta na emenda correspondente do Protocolo de Montreal.

**IATA (International Air Transport Association)**: é uma organização que estabelece os regulamentos do transporte aéreo.

**IEC (International Electrotechnical Commission)**: é a principal organização mundial que elabora e publica as normas internacionais referentes a todas as tecnologias elétricas, eletrônicas e relacionadas — coletivamente denominadas "eletrotecnologia".

**IMDG (International Maritime Dangerous Goods Code)**: é um regulamento instituído em 2008, que deve ser consultado quando se transporta máquinas de refrigeração por via marítima.

**ISO (International Organisation of Standardisations)**: é o maior elaborador e editor de normas internacionais.

**Laboratório acreditado (controle da qualidade)**: é um laboratório que deve ser acreditado por um organismo de acreditação nacionalmente reconhecido, para a acreditação de laboratórios de teste de acordo com a Orientação ISO/IEC ou alguma outra equivalente nacional.

**LII (Limite Inferior de Inflamabilidade)**: é o limite inferior da faixa de concentração de um solvente inflamável a uma determinada pressão e temperatura na qual a mistura de ar e vapor pode entrar em combustão. A faixa de inflamabilidade é limitada pelos limites inferior e superior de inflamabilidade. Fora dessa faixa de mistura, a mistura não entrará em combustão (ao menos que seja aquecida).

**LP (Limite Prático)**: é outra medida para controlar a aplicação de fluidos frigoríficos. Representa o nível máximo de concentração de fluido frigorífico em um espaço ocupado por pessoas, que não causará nenhum efeito nocivo (por exemplo: agudos) em caso de vazamento. Portanto, esse limite é, principalmente, a menor concentração "perigosa" de um fluido frigorífico, respeitando-se um fator de segurança.

**ODL ("Oxygen Deprivation Limit" – Limite mínimo da concentração de oxigênio para evitar risco de asfixia)**: é a concentração de um fluido frigorífico ou outro gás que resulta na insuficiência de oxigênio tonando o local inapropriado para ocupação de pessoas.

**OFDN ("Oxygen Free Dry Nitrogen" - nitrogênio seco sem de oxigênio)**: é um nitrogênio utilizado em sistemas de refrigeração, que minimiza o potencial de contaminação do interior do sistema pelo ar, pela umidade ou outros contaminantes.

**Organismo de acreditação (controle da qualidade)**: é um organismo que orienta e administra um sistema de acreditação de laboratórios e concede a acreditação. Um organismo de acreditação pode preferir delegar total ou parcialmente a avaliação de um laboratório de teste, a outra entidade competente (agência de avaliação). Embora se admita que esta seja uma solução aceitável para estender o reconhecimento dos laboratórios de teste, é essencial que essa avaliação seja equivalente à realizada pelo organismo de acreditação e que esse organismo assuma toda a responsabilidade por essa acreditação.

**Organismo de certificação e reconhecimento do profissional técnico (treinamento)**: é uma organização reconhecida em nível nacional, para avaliar a competência e conceder certificados (confirmando a competência), reconhecendo a competência em matéria de saúde, segurança, capacidade técnica e conservação da energia, das pessoas que trabalham com sistemas de refrigeração e bombas de calor.

**Organismos de certificação profissional (controle da qualidade)**: é uma organização especializada no teste e certificação de engenheiros em geral sendo: engenheiros de qualidade/teste, engenheiros de projeto e desenvolvimento, engenheiros de produção/fabricação e engenheiros em cargos de gerência executiva e comercial.

**Organismo de certificação de conformidade (controle da qualidade)**: é um organismo que concede a certificação de conformidade. Um organismo de certificação pode exercer atividades próprias de teste e inspeção.

**Organismo notificado (controle da qualidade)**: um organismo notificado é uma organização nomeada por um membro do Governo e notificada pela Comissão Europeia (por exemplo). Um organismo notificado é nomeado com base em determinadas exigências como conhecimento, experiência, independência e recursos para conduzir avaliações de conformidade. O papel primário do organismo notificado é prestar serviços de avaliação de conformidade, nas condições estabelecidas pelas Novas Diretivas que apoiam a Marcação CE. Isso normalmente significa avaliar a conformidade dos fabricantes, em relação às exigências essenciais relacionadas em cada diretiva. A avaliação de conformidade pode se uma inspeção, garantia da qualidade, exame do modelo ou do projeto, ou uma combinação dos mesmos.

**Países do A5**: são países que fazem parte do Protocolo de Montreal, Relacionados na Cláusula 5. Estes países têm direito a um período de carência de dez anos, no programa de desativação do Protocolo de Montreal, comparativamente aos países desenvolvidos.

**Parede de contenção**: é uma parede baixa normalmente envolvendo recipientes que contêm um fluido inflamável ou perigoso, de forma a conter um eventual vazamento e uma área controlada.

**Parte diretamente envolvida "first-party" (controle da qualidade)**: as atividades da "first-party" são realizadas pelos fabricantes e fornecedores. Os testes realizados pela "first-party" são um setor bastante amplo e são utilizados, por exemplo, como uma medida interna de controle da qualidade que verifica se os produtos, materiais, itens e serviços atendem às exigências expressas na legislação, nas normas, nas especificações técnicas e nos contratos com os clientes. A declaração de conformidade do fabricante, expressa pelas diferentes formas de identificar o produto, é frequentemente baseada nos resultados destes testes. Em cumprimento às exigências de avaliação da conformidade como, por exemplo, aquelas das diretrizes europeias, os fabricantes devem adotar todos os meios necessários para garantir que o processo de fabricação garanta a conformidade com o protótipo, para fixar a marca da CE no produto e estabelecer uma documentação

técnica. Visando atender os módulos relacionados, o fabricante deverá garantir que seja adotado um sistema de qualidade de acordo com as normas pertinentes.

**PDO (Potencial de Destruição da Camada de Ozônio)**: é um índice usado para indicar até que ponto um produto químico pode contribuir para destruir a camada de ozônio, comparando com o grau de destruição provocado pelo CFC-11. Especificamente, o PDO de uma substância destruidora da camada de ozônio (SDO) é definido como o inverso da integral do total de ozônio por unidade de massa da emissão da substancia considerada em relação ao inverso da integral do total de ozônio por unidade de massa do CFC-11.

**Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio**: instituído em Montreal, em 1987, e subsequentemente adaptado e alterado em Londres (1990), Copenhage (1992), Viena (1995), Montreal (1997) e Pequim (1999). Ele tem o objetivo de controlar o consumo e a produção de produtos químicos contendo cloro e bromo, os quais são substâncias conhecidas como destruidoras da camada de ozônio (SDOs) que destroem a camada estratosférica de ozônio.

**Protocolo de Quioto**: o Protocolo de Quioto, da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), foi adotado na Terceira Reunião da Conferência das Partes (COP) da UNFCCC em 1997, em Quioto, no Japão. O protocolo inclui compromissos legalmente obrigatórios, adicionais àqueles incluídos na UNFCCC. Os países incluídos no Anexo B do protocolo se comprometeram a reduzir a emissão antropogênica de gases de efeito estufa (especificamente, o dióxido de carbono ($CO_2$), metano ($CH_4$), óxido nitroso ($N_2O$), hidrofluorcarbonetos (HFCs), perfluorcarbonetos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre ($SF_6$) em pelo menos 5% abaixo dos níveis de 1990, no período entre 2008 e 2012. O Protocolo de Quioto entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005.

**Qualificação (treinamento)**: é a comprovação de um determinado nível de competência profissional. Qualquer pessoa envolvida deverá demonstrar um nível predeterminado de competência teórica e/ou habilidade prática necessária para a atividade em questão.

**Quantidade máxima de carga**: o limite máximo de fluido frigorífico que pode ser utilizado em um determinado tipo de sistema e de ocupação.

**Sala de máquinas**: um espaço ou ambiente fechado, arejado por ventilação mecânica, isolado das áreas públicas e inacessível por qualquer pessoa, destinado a abrigar os componentes do sistema de refrigeração.

**SDO (Substância Destruidora da Camada de Ozônio)**: são substâncias reconhecidamente destruidoras da camada estratosférica de ozônio. Os SDOs controlados pelo Protocolo de Montreal e suas emendas são os clorofluorocarbonetos (CFCs), os hidroclorofluorcarbonetos (HCFCs), os halogenados, o brometo de metila, o tetracloreto de carbono, o tricloroetano, os hidrobromofluorocarbonetos e o bromoclorometano.

**Segunda parte envolvida "second-party" (controle da qualidade)**: as atividades da "second-party" são realizadas por compradores, usuários ou clientes. Os testes da "second-party" são realizados principalmente por quem recebe os produtos, materiais, itens e serviços, de forma a garantir que as exigências e as especificações contratuais sejam atendidas. No caso dos consumidores comuns, os testes podem ser realizados por organizações que prestam esse tipo de serviço aos consumidores desses produtos ou por outras organizações de compradores. Devido ao seu objetivo ser frequentemente muito específico, este tipo de testes não será analisado em detalhes neste documento.

**SGC (Sistema de Gestão da Qualidade)**: é um sistema utilizado para avaliar os princípios e os processos envolvendo o projeto, o desenvolvimento e a entrega de um produto ou serviço em geral.

**Sistema de expansão direta**: é um sistema de refrigeração composto de outro sistema separado que é usado para refrigerar ou aquecer um espaço ocupado como, por exemplo, quando o evaporador ou o condensador do sistema de refrigeração está em contato com o ar ou outra substância a ser refrigerada ou aquecida.

**Sistema de refrigeração**: uma combinação de componentes interligados contendo fluido frigorífico, e constituindo um circuito fechado onde o fluido frigorífico circula, com a finalidade de absorver e dissipar o calor (por exemplo, aquecimento e refrigeração).

**Sistema indireto**: é um sistema de refrigeração com mais de um nível de separação entre o espaço ocupado, por exemplo, onde um evaporador resfria ou um condensador aquece o fluido de transferência de calor secundário (como água ou salmoura), que passa através de um circuito fechado incluindo trocadores de calor em contato direto com a substância a ser tratada (como o ar dentro do espaço ocupado).

**Sistema inundado**: é um sistema de refrigeração baseado no conceito de um tanque de fluido frigorífico em ebulição, para remover o calor por meio de um processo de transferência de calor do ambiente refrigerado. Este tipo de sistema normalmente exige um volume de fluido frigorífico consideravelmente maior que o do sistema chamado de expansão seca, onde o fluido frigorífico em ebulição passa por um trocador de calor.

**Sistema selado**: sistema de refrigeração onde todos os componentes contendo fluido frigorífico estão hermeticamente fechados através de soldagem, brasagem ou outro tipo de similar de conexão permanente (podendo incluir válvulas de serviço com tampa de vedação).

**SOI ("Source Of Ignition" – Fonte de Ignição)**: é um dispositivo elétrico ou de outra natureza, capaz de proporcionar uma combustão de uma mistura de fluido frigorífico inflamável e ar, dentro dos limites inflamáveis.

**Tamanho da carga permitida:** é o volume de fluido frigorífico inflamável permitido em um circuito de refrigeração de um sistema de expansão direta, normalmente baseado no tamanho do ambiente, de forma a evitar uma concentração inflamável na eventualidade de um vazamento catastrófico.

**Tanques de armazenagem**: é um recipiente permanente ou fixo, que contém grandes volumes de fluido frigorífico (ou outro fluido), normalmente de 2.000 litros, 4.000 litros ou mais.

**Terceira parte envolvida ou "third-party" (controle da qualidade)**: as atividades de terceiros são atividades realizadas por organizações independentes (neutras) em relação às outras partes mencionadas anteriormente ("first-party" e "second-party"). Um terceiro é uma pessoa ou organização reconhecida como independente das partes envolvidas, no que se refere ao tema em questão. Os testes realizados por terceiros são exigidos, preferidos ou utilizados, principalmente, se os resultados tiverem considerável influência ou efeito sobre aspectos públicos ou sociais, principalmente aqueles relacionados à saúde, ambiente e segurança e considerável valor econômico. Também é utilizado quando se toma medidas para eliminar a possibilidade de adulteração e certa conduta indevida, ou quando existem riscos e consequências fundamentais da existência de manipulação dos resultados. Espera-se que os testes realizados por terceiros ofereçam uma visão não tendenciosa e assim maior confiança nos resultados dos testes.

**Teste de segurança: é um teste realizado em todos os dispositivos (mecânicos, elétricos e eletrônicos) os quais são usados como itens de segurança tanto para proteger o equipamento como seus operadores e o ambiente ao seu redor**. Nesse teste esses componentes e as unidades às quais eles estão instalados são testados em condições críticas de trabalho, para que seja possível se certificar sobre o seu funcionamento adequado mesmo em condições fora do normal.

**Teste por amostragem**: é um teste rigoroso aplicado em algo que é normalmente testado de maneira rotineira, de forma a confirmar se um nível de segurança presumivelmente mais elevado ainda é inerente ao desenho ou ao processo. Os exemplos incluem testes destrutivos a alta pressão ou a observação do comportamento de um item submetido a uma situação de incêndio.

**Teste de funcionamento**: é um teste para certificar que um dispositivo ou mecanismo está funcionando corretamente conforme planejado.

**Teste totalmente novo "novel testing"**: é quando algum aspecto inusitado deve ser tratado, mas não existem procedimentos de teste específicos dentro das normas ou outras orientações a serem seguidas. Um exemplo disso pode surgir durante o desenvolvimento de um novo tipo de dispositivo de segurança ou onde apareça um conjunto de circunstâncias até então não previstas.

**TDGR ("United Nations Model Regulations for Transport of Dangerous Goods" – Recomendações das Nacões Unidas para Transporte de Mercadorias Perigosas)**: é um regulamento instituído em 2007, que deve ser consultado quando se transportar máquinas de refrigeração por rodovias e ferrovias fora da Europa. Os equipamentos que contenham menos de 12 kg estão isentos, desde que sejam protegidos pelo seu design. No caso dos equipamentos contendo mais de 12 kg, os mesmos deverão ser submetidos a testes com uma pressão pelo menos três vezes a sua pressão máxima de operação e atender às exigências para embalagem, as quais estão detalhadas neste regulamento.

**TLV-TWA ("Threshold Limit Value – Time Weighted Average" – Limite de tolerância – valor médio no tempo)**: exposição média baseada em uma programação de trabalho de 8 horas por dia, 40 horas por semana.

**Ventilação de emergência**: é um sistema de ventilação (ventiladores e dutos) utilizado para exaurir qualquer fluido frigorífico inflamável acumulado em um ambiente, compartimento ou área, de forma a reduzir a possibilidade de ignição; e esse sistema é normalmente acionado por um equipamento de detecção de gases.

**VETC ("Vocational and Educational Taining Centres" – centro de treinamento educacional e profissionalizante)**: um estabelecimento educacional que prepara estudantes para tarefas baseadas em atividades manuais ou práticas, tradicionalmente não acadêmico e totalmente relacionado a um ramo, um trabalho ou uma vocação específica.

# ANEXOS

## ANEXO 1: ASPECTOS TÉCNICOS QUE NÃO ESTÃO RELACIONADOS À SEGURANÇA

### Introdução

Existem diversos HCs que podem ser utilizados como fluidos frigoríficos. O R600a (isobutano) e o R290 (propano) são os mais amplamente utilizados em aplicações não industriais. Além deles, são também utilizados o R1270 (propileno) e dois outros tipos de "blends". Existem várias misturas de R600a e R290 e também uma mistura de R290 e R170, embora a composição possa variar conforme o fabricante. Existem ainda misturas de R290 e R1270. No caso das aplicações industriais, utiliza-se uma série de outros HCs, entre eles o R50 (metano), o R170 (etano), o R601 (pentano), o R601a (isopentano) e o R1150 (etileno). A Tabela 21 apresenta uma relação dos fluidos frigoríficos e algumas de suas propriedades básicas.

Tabela 21: Fluidos frigoríficos HCs e suas propriedades básicas

| Número do fluido frigorífico | Composição química* | Massa molar (kmol/kg) | Temperatura crítica (°C) | Ponto de ebulição normal (°C) | Pressão do vapor a 30 °C (kPa) |
|---|---|---|---|---|---|
| R170 | etano (C2H6) | 30,1 | 32,2 | -88,6 | 4704 |
| R290 | propano (C3 H8) | 44,1 | 96,7 | -42,1 | 1092 |
| R433A | R1270/R290 (30%/70%) | 43,5 | 94,2 | -44,5 | 1178 |
| R433B | R1270/R290 (5%/95%) | 44,0 | 96,3 | -42,6 | 1108 |
| R433C | R1270/R290 (25%/75%) | 43,6 | 94,6 | -44,2 | 1165 |
| R436A | R290/R600a (56%/44%) | 49,3 | 115,9 | -34,3 | 768 |
| R436B | R290/R600a (52%/48%) | 49,9 | 117,4 | -33,4 | 741 |
| | R290/R600a (50%/50%) | 51,1 | 120,7 | -31,0 | 814 |
| | R290/R170 (94%/6%) | 43,3 | 94,2 | -49,0 | 1393 |
| R50 | metano (CH4) | 16,0 | -82,6 | -161,5 | [super crítica] |
| R600 | butano (C4 H10) | 58,1 | 152 | -0,5 | 288 |
| R600a | isobutano (C4 H10) | 58,1 | 134,7 | -11,7 | 410 |
| R601 | pentano (C5 H12) | 72,2 | 196,6 | 36,1 | 83 |
| R601a | isopentano (C5 H12) | 72,2 | 187,2 | 27,8 | 111 |
| R1150 | etileno (C2 H4) | 28,1 | 9,2 | -103,8 | [super crítica] |
| R1270 | propileno (C3 H6) | 42,1 | 91,1 | -47,6 | 1321 |

*Composição em porcentagem molar

## Pureza dos fluidos frigoríficos

Para todos os tipos de sistemas de RAC os fluidos frigoríficos devem ser classificados de acordo com sua aplicação. Os HCs comerciais (por exemplo, gás liquefeito de petróleo, mais conhecidos como GLP) incluem consideráveis teores de enxofre, água e outras impurezas e podem contribuir para a degradação do óleo, diminuir a vida útil do compressor e invalidar as garantias. A composição do GLP comercial é bastante variável, pois as propriedades termodinâmicas do fluido podem variar consideravelmente de cilindro para cilindro. Além disso, ao contrário do GLP comercial, os fluidos frigoríficos HCs não têm cheiro.

## Compatibilidade entre os materiais

É importante levar em conta a compatibilidade do fluido frigorífico e dos lubrificantes do compressor com os materiais do sistema como plásticos, elastômeros, metais etc. Praticamente todos os elastômeros e materiais plásticos utilizados nos O-rings, assentos das válvulas, vedações e gaxetas são compatíveis com os fluidos frigoríficos HCs. Os materiais que não são compatíveis e não devem ser utilizados nos sistemas de HCs incluem EPDM, borracha natural e borracha de silicone. Sabe-se que os produtos de cloropreno (Neoprene) são especificamente incompatíveis com os HCs não saturados (por exemplo, R1270, R1150). Embora tenham sido realizados vários testes com uma série de materiais diferentes, entre diferentes combinações de fluido frigorífico e lubrificante, sabe-se que existem inúmeras classificações/opções diferentes disponíveis no mercado e que a compatibilidade deve ser verificada com o fabricante ou com o fornecedor do componente. Os fornecedores de componentes estão normalmente disponíveis para confirmar se os materiais utilizados representam ou não um risco de compatibilidade.

## Lubrificantes

A maioria dos óleos utilizados em refrigeração é compatível com os HCs, embora esses fluidos normalmente possuam uma alta solubilidade com determinados óleos minerais e POE. No entanto, vários fabricantes de lubrificantes oferecem óleos de refrigeração apropriados para o uso com os fluidos frigoríficos HCs. A Tabela 22 oferece uma visão geral da compatibilidade dos HCs com vários tipos de lubrificantes.

Tabela 22: Compatibilidade e solubilidade dos HCs com diferentes tipos de óleos

| Tipo do óleo | Compatibilidade | Solubilidade |
|---|---|---|
| Óleo Mineral (MO) | Boa | Alta |
| Alquilbenzeno (AB) | Boa | Média |
| Polyolester (POE) | Boa | Alta |
| Polialfa olefinas (PAO) | Boa | Alta |
| Polialquileno glicol (PAG) | Boa | Média |
| | | |

## Características termodinâmicas e processo de transferência

O projeto e o desempenho do sistema de refrigeração dependem das propriedades termodinâmicas e do transporte dos fluidos frigoríficos. A propriedade mais importante é a pressão do vapor, uma vez que este é um fator principal utilizado na seleção de um determinado fluido frigorífico para um determinado tipo de sistema e aplicação. Os HCs têm uma massa molar muito menor que os CFCs, HCFCs e HFCs normalmente utilizados, o que resulta em algumas diferenças nas propriedades termodinâmicas e, consequentemente, nas características operacionais.

**Pressão de vapor**

O grupo dos HCs cobre uma ampla faixa de pressões de vapor, adequada à maioria das aplicações RAC. Determinados HCs são misturados de forma a se conseguir outras pressões de vapor. Existe um grupo de fluidos frigoríficos HCs que podem trabalhar dentro da mesma faixa de pressões de vapor usadas pelos fluidos frigoríficos CFC, HCFC e HFC mais comuns, conforme indicado na Tabela 23. Uma característica especial dos fluidos frigoríficos HCs é que a inclinação da curva de pressão de vapor, em relação à tendência da variação de temperatura que permanece "mais contínua" do que com os CFCs, HCFCs e HFCs, o que resulta em uma taxa de compressão menor (à mesma temperatura de saturação de operação).

Tabela 23: Fluidos frigoríficos HCs usados para substituir os fluidos frigoríficos SDOs e HFCs*

| Fluido frigorífico SDO | Fluido frigorífico HFC | Fluido frigorífico HC |
|---|---|---|
| | | R600a |
| R12 | R134a | R436A, R436B, R290/R600a |
| R502 | R404A, R507A | R290, R1270, R433A, R433B, R433C, R290/R170 |
| R22 | R407C | R290, R1270, R433A, R433B, R433C, R290/R170 |
| | R410A | |
| R13, R503 | R23 | R170 |
| R11, R123 | R236ea, R236fa, R245fa | R601, R601a |

*Similares em termos de pressão e temperatura de operação, e também de capacidade de resfriamento.

**Efeito volumétrico de refrigeração**

O efeito volumétrico de refrigeração dos HCs, cuja pressão do vapor corresponde à dos CFCs, HCFCs e HFCs, também tende a apresentar efeito volumétrico semelhante (também implícito na Tabela 23). E embora o calor latente dos HCs seja aproximadamente o dobro dos CFCs, HCFCs e HFCs, a densidade do vapor é aproximadamente a metade, resultando assim em um efeito de refrigeração semelhante.

**Temperatura de descarga**

Os HCs têm uma capacidade de calor específico consideravelmente alto e, consequentemente, a temperatura de descarga do compressor tende a ser inferior à da maioria dos CFCs, HCFCs e HFCs, considerando condições de operação similares.

**Perda da pressão**

Os HCs têm uma densidade e viscosidade consideravelmente baixa, que resulta em um menor atrito e menor perda de pressão comparado com as perdas que podem ocorrer nos sistemas com CFCs, HCFCs e HFCs mais comuns (para uma determinada capacidade de refrigeração). Isso está relacionado tanto com o fluxo na fase líquida quanto na fase de vapor, e também com as duas fases.

**Transferência do calor**

Os HCs têm uma condutividade térmica consideravelmente alta e uma baixa viscosidade, o que resulta em um coeficiente de transferência do calor por convecção mais elevado que pode ser conseguido com a maioria dos CFCs, HCFCs e HFCs mais comuns (para uma determinada capacidade de refrigeração). Esta

tendência pode ocorrer no fluxo tanto na fase líquida como na fase de vapor, e também nas duas fases. No entanto, em condições de "pool boiling", os HCs não apresentam benefícios consideráveis em relação outros fluidos frigoríficos.

**Quantidade de carga**

A densidade dos HCs é aproximadamente a metade da densidade dos CFCs, HCFCs e HFCs; consequentemente, a massa da quantidade de carga de fluido frigorífico é normalmente menos de 50% daquela exigida com outros fluidos frigoríficos.

## Implicações no custo dos equipamentos

Em um determinado sistema de refrigeração, a principal implicação é a exigência de que não haja nenhuma fonte de ignição, o que geralmente significa evitar componentes elétricos que emitem faíscas. Em determinadas condições, isso pode ser conseguido reposicionando-se os componentes vulneráveis, não acarretando assim nenhuma variação no custo.

Em outras circunstâncias, poderá ser necessário substituir os componentes elétricos existentes por, por exemplo, componentes de baixa tensão e corrente ou componentes selados ou encapsulados. Nesse caso, o nível de custo adicional dependerá do tipo do equipamento e do número e variedade dos dispositivos elétricos associados, e a avaliação do custo só poderá ser realizada caso por caso. No caso dos sistemas maiores, que exigem a utilização de um detector de gases inflamáveis e da ventilação de emergência correspondente, o custo adicional poderá ser um tanto quanto mais elevado. Em relação aos aspectos não relacionados com a segurança, na maioria dos casos pode-se utilizar tubulações menores na interligação, no evaporador e, especialmente, nos tubos do condensador, mantendo-se, no entanto, a mesma capacidade de refrigeração e a mesma eficiência do sistema, o que significa que será necessário menos cobre, resultando na redução do custo. Os fabricantes constataram que, quando se realiza uma análise técnica minuciosa, o preço do produto pode ser bem menor que aquele dos modelos que utilizam HCFC e HFC.

## Aplicações mais comuns

Além da refrigeração industrial, foram fabricados equipamentos de refrigeração, aparelhos de ar-condicionado e bombas e calor que utilizam os HCs em uma ampla variedade de equipamentos, incluindo:

- Refrigeração doméstica;
- Pequenos aparelhos de refrigeração comerciais;
- Sistemas para supermercados (utilizando circuitos indiretos nas áreas ocupadas);
- Pequenos condicionadores de ar portáteis e do tipo "split";
- Bombas de calor "água/água";
- Chilles de ar condicionado e refrigeração;
- Caminhões refrigerados.

A aplicação mais comum é, sem dúvida, a refrigeração doméstica, embora os pequenos sistemas de refrigeração comerciais também estejam se expandindo rapidamente e, no passado, as bombas de calor "água/água" já tiveram uma considerável parcela do mercado. Existem diversas razões que justificam uma utilização limitada nos outros tipos de sistemas, entre as quais há duas razões principais. A primeira é a falta de motivação política (legislação) que obrigue os fabricantes e os instaladores a superar a inércia decorrente dos problemas adicionais provocados pelo uso de fluidos frigoríficos inflamáveis. A segunda é a relutância de muitos fabricantes de compressores em permitir que seus compressores sejam utilizados com fluidos frigoríficos inflamáveis (como no caso atual das bombas de calor "água/água") e outros fatores comerciais similares que também podem influenciar.

Existe uma possibilidade grande e realista de que os HCs substituam os HCFCs e HFCs em uma série de sistemas. As categorias correspondentes são aquelas relacionadas acima (exceto a refrigeração doméstica), em que já existe uma grande experiência. Levando-se em conta os aspectos ressaltados acima, existe a possibilidade de que os HCs sejam utilizados, ou utilizados mais amplamente, em uma série de situações.

**Refrigeração doméstica**

Entre aproximadamente um terço e a metade dos refrigeradores domésticos fabricados atualmente utilizam HCs, principalmente o R600a; e essa utilização continua aumentando, na América do Sul, por exemplo. A razão para os alguns refrigeradores ainda utilizarem o HFC-134a deve-se principalmente ao fato dos fabricantes não verem necessidade de mudar a produção de uma tecnologia para outra, de modo que, em determinadas regiões (por exemplo, a América do Norte), a possibilidade de consequências legais da utilização de um fluido frigorífico inflamável é considerada arriscada demais para justificar os argumentos ambientais e/ou de marketing. Não existe nenhuma razão técnica para que os HCs não possam ser utilizados na grande maioria do setor; em determinados modelos, talvez seja necessário utilizar componentes específicos adequados a atmosferas explosivas, o que pode aumentar o custo dos produtos.

**Refrigeração comercial**

Os diferentes tipos de sistemas utilizados no setor de refrigeração comercial, como: os sistemas integrados ("stand-alone"), remotos (unidades condensadoras) e sistemas centrais precisam ser analisados separadamente quanto ao uso de fluidos frigoríficos inflamáveis. No caso dos sistemas integrados, os problemas são semelhantes àqueles dos refrigeradores domésticos; existe uma contínua expansão na utilização do R600a e R290, em uma série de aparelhos diferentes como máquinas de venda automática, "bottle coolers" (refrigeradores comerciais de bebidas), "freezers" e armários de cozinha refrigerados, etc.

Na maioria dos produtos, os HCs podem ser amplamente utilizados, principalmente porque existem normas de segurança internacionais que permitem essa utilização. No caso dos sistemas maiores que exigem maiores cargas de fluido frigorífico, a utilização dos HCs está restrita às regiões onde há normas de segurança em vigor (por exemplo, mas não exclusivamente, Europa, Austrália/Nova Zelândia e Indonésia). A ampla adoção dessas normas permitiria que os HCs fossem utilizados em sistemas maiores, e em diversos tipos de sistema e em uma proporção maior de equipamentos. Quanto aos sistemas remotos, o tamanho das cargas é grande para a maioria dos casos e normalmente se distribui pelas diversas áreas de um edifício. Mesmo sendo tecnicamente possível e podendo se enquadrar nas normas de segurança, a utilização dos HCs é complicada e deve ser analisada caso a caso.

Devido a essa complexidade, a utilização dos HCs em sistemas remotos é mínima e é improvável que seja uma tecnologia adotada. Pelas mesmas razões dos sistemas remotos, os HCs não podem ser utilizados em sistemas centrais de rack/pack convencionais. Ao contrário, muitos sistemas centralizados na Europa e outros em lugares utilizam HCs em um chiller central (localizado em uma sala de máquinas ou fora do prédio), para resfriar um fluido frigorífico secundário (salmoura, glicol, dióxido de carbono) que circula até os expositores e câmaras frigoríficas. À medida que os supermercados adotarem sistemas alternativos, a utilização dos chillers centrais com HC será uma opção viável e terá possibilidade de ser utilizada em maior escala, na grande maioria dos sistemas.

**Refrigeração industrial**

A refrigeração industrial inclui uma ampla faixa de aplicações, entre elas o processamento de alimentos, câmara frigorífica de grande porte ("cold storage"), refrigeração de processos, liquefação de gases, bombas de calor industriais e recuperação do calor. Os HCs não são frequentemente utilizados em muitos destes subsetores, embora se saiba que eles podem ser amplamente aplicados em refrigeração de processos, mais especificamente em processos químicos e petroquímicos. Uma vez que a maioria destes sistemas é construído sob medida, é difícil prever as regras gerais em termos de implicações técnicas, de custo, de segurança ou legislativa da utilização dos HCs.

**Transporte refrigerado**

O transporte refrigerado pode ser genericamente dividido em navios refrigerados, contêineres refrigerados, vagões refrigerados e caminhões e carretas refrigeradas. Entre eles, os HCs têm sido utilizados em caminhões e carretas refrigeradas. Não existem razões técnicas para que eles não possam ser amplamente utilizados em sistemas de transporte rodoviário e as medidas de segurança adicionais não são proibitivas (por exemplo, a utilização de detectores de gás e alarmes de advertência). A principal restrição é a possível legislação em determinados países, que pode impedir que os fluidos frigoríficos inflamáveis sejam utilizados amplamente. A utilização dos HCs não é considerada no caso dos navios, vagões e contêineres refrigerados. No entanto, devido aos diversos tipos de aplicações, é difícil fazer declarações mais amplas sem maiores considerações.

**Condicionadores de ar e bombas de calor**

Os condicionadores de ar podem ser divididos em unidades de janela, portáteis, split (com um único circuito de refrigeração), split dutado e multi split. O R290 vem sendo utilizado nas unidades portáteis e nos splits (com um único circuito de refrigeração), há pelo menos 10 anos na Europa e Austrália e, mais recentemente, estas unidades estão sendo fabricadas na China. O uso de HC em condicionadores dutados e multisplit não é adequado devido às limitações de tamanho. Embora não existam razões técnicas ou legislativas para que os HCs não possam ser mais amplamente utilizados em aparelhos de ar-condicionado do tipo janela e splits (com um único circuito de refrigeração), as recentes alterações nas normas de segurança introduziram limites mais rigorosos quanto à quantidade de cargas. Portanto, isso significa que será necessário dedicar uma atenção especial em refazer os projetos dos modelos existentes com o objetivo de diminuir bastante as cargas necessárias de fluido frigorífico. No entanto, em determinadas situações, isso pode na verdade levar à redução do custo dos equipamentos. Em termos gerais, isso significa que uma grande parte do setor de condicionadores de ar de baixa capacidade poderiam adotar facilmente o uso dos HCs.

**Bombas de calor para aquecimento de água**

As bombas de calor para aquecimento de água são normalmente aparelhos de tamanho pequeno e médio, utilizadas em habitações e edifícios comerciais, para proporcionar água quente e aquecimento central. No caso das bombas de calor domésticas de tamanho pequeno, o R290 vem sendo amplamente utilizado nesse tipo de equipamento na Europa. Desde 2002, sua utilização diminuiu devido à introdução da Diretiva Europeia de Equipamentos sob Pressão (PED), que exigiu a aprovação de determinados tipos de compressores, para utilização com os fluidos frigoríficos HCs. Uma vez que a maioria dos fabricantes de compressores mantinha uma política contrária à utilização dos HCs em grandes sistemas, as aprovações não foram previstas e a utilização do R290 nesse tipo de sistemas tornou-se limitada. Apesar desse caso, que envolve questões legislativas, não existem razões técnicas para que o R290 não possa ser amplamente utilizado neste setor, principalmente porque se tratam de sistemas independentes que podem ser facilmente projetados de forma a atender às exigências de segurança.

**Chillers de ar-condicionado**

Os chillers de ar-condicionado podem ser divididos em unidades de deslocamento positivo e unidades centrífugas, e cobrem uma ampla faixa de capacidades. Essas unidades podem ser instaladas em salas de máquinas, compartimentos fora dos edifícios ou nos telhados dos edifícios. Atualmente não existem chillers centrífugos (não industriais) que usam HCs, embora vários fabricantes na Europa e em outras regiões estejam fabricando chillers de pequena e média capacidade do tipo parafuso, recíproco e scroll, os quais utilizam tanto o R290 como o R1270. Estas unidades ficam normalmente localizadas externamente (fora do edifício ou em seu telhado) e também nas salas de máquinas, apesar disso poder acarretar custos adicionais devido às medidas extra de segurança. Os chillers com HCs não podem ficar abaixo do solo, o que limita sua bastante a sua aplicação. Fora isso, não existem problemas técnicos na sua utilização e, geralmente, o impacto no custo da sua adoção é mínimo (exceto no caso das economias de escala). É possível que os HCs possam ser utilizados em mais de 80% dos chillers pequenos e médios.

**Ar-condicionado automotivo**

O ar condicionado automotivo inclui automóveis, ônibus, trens e aviões. Atualmente, os HCs não são utilizados nos novos sistemas para qualquer uma dessas formas de utilização e, na verdade, sua utilização em ar condicionado de aviões não é viável, por questões de segurança. Embora os HCs tenham sido utilizados de forma limitada como fluido frigorífico substituto, no ar condicionado de ônibus, eles são inadequados devido às grandes cargas de fluido frigorífico. Existem, provavelmente, problemas semelhantes em ar condicionado ferroviário e de caminhões. Apesar da extensa utilização dos HCs como fluidos frigoríficos substitutos em ar condicionado automotivo, em determinadas regiões, é improvável que sua utilização nos novos sistemas se concretize, devido à atual concentração no desenvolvimento de outras opções como o R744 (dióxido de carbono) e os HFCs não saturados.

# ANEXO 2: EXEMPLO DOS PROCEDIMENTOS DE CONVERSÃO

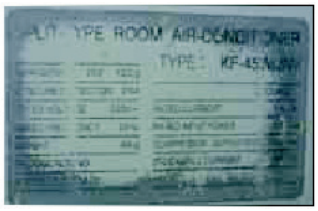
## Introdução

Este anexo complementa as informações fornecidas na Parte 6.4 do manual. Existem muitas ocasiões onde se encontra sistemas que foram convertidos de HCFCs ou HFCs diretamente para HCs, sem o devido cuidado e sem atenção à garantia de que o sistema seja deixado numa forma onde atende às normas de segurança adequadas. Estas situações são perigosas e inaceitáveis. Admite-se que as conversões irão ocorrer e, embora exista desacordo quanto a isso, considera-se importante oferecer informações detalhadas sobre a maneira correta pela qual a conversão deve ser realizada, incluindo alguns exemplos ilustrados passo a passo. Se for considerada a conversão, a situação deverá ser analisada e, se for decidido que ela ocorra, a mesma deverá ser realizada de forma a incluir todas as etapas correspondentes, conforme descritas na Parte 6.4 e ilustradas a seguir:

### Conversão dos aparelhos de ar-condicionado do tipo "split"

**Identifique o problema do aparelho de ar-condicionado**

1) Identifique a quantidade da carga atual,
→ 1,3 kg de R22

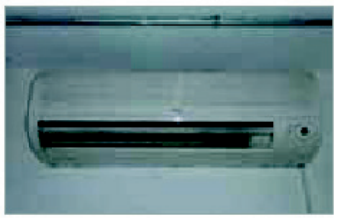


2) Estime a quantidade equivalente da carga de HC
→ Supondo-se uma conversão para R290, 1,3 x 0,42 = 0,54 kg de R290

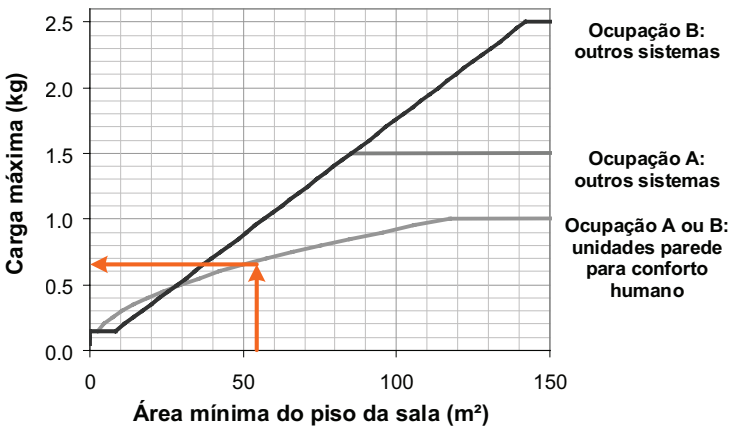
*Conversion factors (CF) to estimate equivalent HC charge size*

| Fluorinated refrigerant | HC refrigerant | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | R600a | R600a/R290 (50%/50%) | R290 | R290/R170 (94%/6%) | R1270 |
| CFC-12 | (0.43) † | 0.40 | n/a | n/a | n/a |
| HFC-134a | (0.47) † | 0.45 | n/a | n/a | n/a |
| HFC-1234yf | (0.53) † | 0.50 | n/a | n/a | n/a |
| HCFC-22 | n/a | n/a | 0.42 | 0.41 | 0.42 |
| HFC-407C | n/a | n/a | 0.45 | 0.44 | 0.45 |
| HFC-404A | n/a | n/a | 0.51 | 0.50 | 0.52 |
| HFC-507A | n/a | n/a | 0.51 | 0.50 | 0.52 |
| HFC-410A | n/a | n/a | (0.51) † | (0.50) † | (0.52) † |

3) Identifique o tipo de ocupação
→ unidade externa está em área bem ventilada, com acesso apenas por pessoas autorizadas (categoria C)
→ Unidade interna dentro de uma sala.
(categoria B)



4) Verifique o limite da carga
→ quantidade da carga está abaixo do limite máximo (0,54 kg < 1 kg).
→ A sala mede 6 m × 9 m = 54 m², ficando, portanto, abaixo da carga permissível (0,54 kg < 0,56 kg)




5) Verifique se você tem todas as ferramentas necessárias e se a área de trabalho está segura.
→ OK

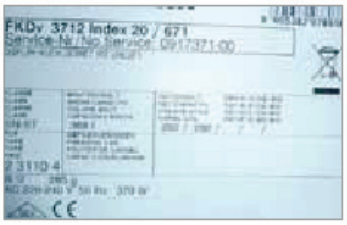
## Conversão dos aparelhos de ar-condicionado do tipo "split"

| **Identifique o problema do aparelho de ar-condicionado** | |
|---|---|
| 6) Elimine todas as conexões mecânicas localizadas no espaço ocupado.<br>→ OK | |
| 7) Reconfigure/reajuste o dispositivo de controle de pressão → (nenhum) | |
| 8) Elimine todas as possíveis fontes de ignição.<br>→ Unidade interna: transformador, tela (display)/ LEDs, motores das aletas, motor do ventilador, blocos terminais, placa PCI (relés e chave "micro switch") – tudo que não for uma SOI.<br>→ Unidade externa: motor do ventilador, capacitores, blocos terminais, terminais do compressor (relé interno de sobrecarga) – tudo que não for uma SOI; embora as contatoras principais devam estar instaladas dentro de um compartimento selado. | |
| 9) Instale uma ventilação/detecção de emergência e um sistema de alarme.<br>→ Não aplicável | |
| 10) Execute os reparos necessários.<br>→ OK | |
| 11) Aplique a sinalização e a documentação necessária. | |
| 12) Realize a verificação final de vazamentos.<br>→ OK | |

## Conversão do expositor comercial

**Identifique o problema do expositor**

1) Identifique a quantidade da carga atual.
→ 0,285 kg de R12



2) Estime a carga equivalente de HC.
→ Supondo-se uma conversão para uma mistura "blend" R600a/R290, 0,285 × 0,40 = 0,114 kg de R290.

*Conversion factors (GF) to estimate equivalent HC charge size*

| Fluorinated refrigerant | HC refrigerant | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | R600a | R600a/R290 (50%/50%) | R290 | R290/R170 (94%/6%) | R1270 |
| CFC-12 | (0.43) † | 0.40 | n/a | n/a | n/a |
| HFC-134a | (0.47) † | 0.45 | n/a | n/a | n/a |
| HFC-1234yf | (0.53) † | 0.50 | n/a | n/a | n/a |
| HCFC-22 | n/a | n/a | 0.42 | 0.41 | 0.42 |
| HFC-407C | n/a | n/a | 0.45 | 0.44 | 0.45 |
| HFC-404A | n/a | n/a | 0.51 | 0.50 | 0.52 |
| HFC-507A | n/a | n/a | 0.51 | 0.50 | 0.52 |
| HFC-410A | n/a | n/a | (0.51) † | (0.50) † | (0.52) † |

3) Identifique o tipo de ocupação.
→ Expositor localizado na área de venda de produtos (categoria A).

4) Verifique o limite da quantidade de carga.
→ A quantidade de carga é inferior ao limite máximo (0,11 kg < 1,5 kg).
→ A quantidade de carga é inferior a 0,15 kg, portanto não há nenhuma necessidade de considerar a carga ou o espaço permitido.

5) Verifique se todas as ferramentas necessárias estão disponíveis e se a área de trabalho é segura.
→ OK

6) Elimine todas as conexões mecânicas localizadas no espaço ocupado.
→ Nenhuma presente

7) Reconfigure/reajuste os dispositivos de controle de pressão.
→ Nenhum

## Conversão do expositor comercial

**Identifique o problema do expositor**

8) Elimine todas as possíveis fontes de ignição.

→ Frente da unidade: motor ventilador e lâmpadas – tudo que não for uma SOI; interruptor da iluminação, termostato e acionador das lâmpadas – todas as partes externas do expositor que estão afastadas dos componentes que contêm fluido frigorífico, de forma que um vazamento não possa atingi-las.

→ Traseira da unidade: – motor do ventilador, capacitores, blocos de terminais, terminais do compressor (relé interno de sobrecarga) – tudo que não for uma SOI; o relé de sobrecarga deverá ser trocado por um relé de estado sólido.

9) Instale uma ventilação/detecção de emergência e um sistema de alarme.
→ Não aplicável

10) Realize os reparos necessários.
→ OK

11) Aplique a sinalização e a documentação necessária.

12) Realize a verificação final de vazamentos.
→ OK

## ATENÇÃO: Isenção de Responsabilidade

Embora a GIZ e a TÜV SÜD não apoiem a conversão dos equipamentos já existentes (que utilizam um fluido frigorífico não inflamável) para a utilização de fluidos frigoríficos inflamáveis, considerando que esses equipamentos não foram originalmente projetados para utilizar esses fluidos, a GIZ e a TÜV SÜD reconhecem que essa conversão ocorre e continuará ocorrendo, independentemente das recomendações contrárias. Consequentemente, visando tentar ajudar que ela seja realizada da maneira mais segura, o Anexo apresenta alguns exemplos. No entanto, ao fazer isso, a GIZ e a TÜV SÜD não assumem responsabilidade por nenhuma afirmação ou quaisquer ações adotadas pelos seus leitores ou usuários, que possam provocar prejuízos ou lesões imprevistas, em decorrência das recomendações ou inferências presentes neste manual.

Embora todas as afirmações e informações contidas neste manual sejam consideradas exatas e confiáveis, elas são apresentadas sem nenhuma garantia de qualquer tipo, expressa ou implícita. As informações aqui fornecidas não isentam o leitor ou o usuário da responsabilidade de realizar ele mesmo a avaliação e a análise da situação e assumirem todos os riscos e toda a responsabilidade pela utilização das informações, providências e eventos. O leitor ou usuário não deve supor que todos os dados, medidas e orientações sobre segurança são abordados neste manual, e também não devem supor que ou outras medidas não sejam necessárias. Este manual apresenta apenas recomendações gerais que não substituem a orientação e as instruções individuais.

A legislação e as diretrizes nacionais deverão ser consultadas e obedecidas em todas as circunstâncias. O manuseio dos fluidos frigoríficos inflamáveis e dos sistemas e equipamentos em questão só devem ser realizados por técnicos qualificados e treinados.

# ANEXO 3: RELAÇÃO DOS PARCEIROS DE COOPERAÇÃO

Consulte a Parte 1.4 deste manual, "Identificação dos Parceiros de Cooperação", para obter mais informações. Quando disponíveis os links dos parceiros são apresentados abaixo.

## Associações da indústria

**Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA) (www.abrava.com.br)**

A ABRAVA é a principal associação no Brasil que representa a indústria de refrigeração e ar condicionado.

**Association of European Refrigeration Compressor and Controls Manufacturers (ASERCOM) (www.asercom.org)**

O objetivo da ASERCOM é ser a plataforma para lidar com os desafios científicos e técnicos, promovendo normas relativas ao desempenho e à segurança, concentrando-se simultaneamente na melhor proteção ambiental e atendendo à indústria de refrigeração e ar condicionado e seus clientes.

**Associated Air Conditioning and Refrigeration Contractors (ARC) (www.arc-uk.org.uk)**

A ARC é uma organização de âmbito nacional e de propriedade privada, em que os principais associados são empreiteiros selecionados de ar condicionado e refrigeração, e seu principal objetivo é oferecer serviço de boa qualidade. O objetivo dessa organização é manter normas de alta qualidade para projeto, instalação e serviços de pós-venda. Além disso, ela também promove ativamente a conservação da energia e uma alta eficiência de operação das fábricas. Essa organização acredita firmemente que um cliente satisfeito é o maior patrimônio que qualquer empresa pode possuir.

**Air Conditioning and Refrigeration Industry Board (ACRIB) (www.acrib.org.uk)**

A ACRIB proporciona um fórum central para todos os setores que se interessam e que se enquadram ou são atendidos pela indústria de ar condicionado e refrigeração. As organizações filiadas representam fabricantes, distribuidores, empreiteiras, engenheiros consultores, entidades específicas, usuários finais, empresas de treinamento, pesquisadores e outros que tenham interesse direto no fornecimento e utilização de equipamentos de refrigeração, ar condicionado e ventilação mecânica que sejam ambientalmente corretos e eficientes.

**Association of Manufacturers of Domestic Appliances (AMDEA) (www.amdea.org.uk)**

A AMDEA é a associação comercial para eletrodomésticos de grande e pequeno porte e fica no Reino Unido. Seus associados são empresas que fornecem eletrodomésticos para o mercado do Reino Unido, como fabricantes, distribuidores ou importadores. Ela representa mais de 80% da indústria de eletrodomésticos no Reino Unido.

**China Refrigeration and Air Conditioning Industry Association (CRAA) (www.chinacraa.org)**

A CRAA é uma organização nacional sem fins lucrativos, e representa principalmente os fabricantes de aparelhos de refrigeração e ar-condicionado, bem como os institutos e academias de pesquisa e projeto, baseada na participação voluntária. A CRAA é uma voz fundamental de toda a indústria e trabalha em prol dos interesses e vantagens mútuas dos seus membros.

**Eurammon (www.eurammon.com)**

A Eurammon é uma iniciativa conjunta de empresas, instituições e pessoas dedicadas a aumentar a utilização de fluidos frigoríficos naturais e se considera o centro de competência relativa à utilização de fluidos naturais na refrigeração. Seu objetivo é ampliar a conscientização e a aceitação geral dos fluidos frigoríficos naturais e promover sua utilização visando um ambiente saudável, continuando, assim, a desenvolver sistemas de refrigeração de forma sustentável.

**European Federation of Refrigeration e Air Conditioning Associations (AREA) (www.area-eur.be)**

A AREA é a Federação Europeia das Associações Nacionais de Refrigeração e Ar Condicionado e cobre toda a Europa. Instituída em 1988, a AREA representa a indústria de instalação de refrigeração e ar-condicionado, principalmente na Comissão Europeia (EC – "European Commission") e no Programa Ambiental das Nações Unidas (UNEP).

**European Heat Pump Association (EHPA) (www.ehpa.org)**

A Associação Europeia de Bombas de Calor promove a conscientização e o desenvolvimento adequado da tecnologia de bombas de calor no mercado europeu.

**Federal Guild of German Refrigeration Plant Assemblers (BIV) (www.biv-kaelte.de)**

A BIV representa as empresas responsáveis pelo projeto, instalação, manutenção e reparo de equipamentos de refrigeração. A entidade defende os interesses de seus membros, nas especialidades relacionadas com a construção de plantas de refrigeração, de acordo com as exigências legais. Como membro da Central Guild OF German Trades (ZHD), a BIV desenvolve o ambiente político, nacional e comercial do próprio ramo. Tradicionalmente, o trabalho das "Guilds" e da BIV concentra-se principalmente no ramo profissional. O objetivo da BIV é aumentar a experiência de seus membros em termos de qualidade tecnológica, de projeto e comercial e gerar uma imagem positiva para a atividade de refrigeração.

**Federation of Environmental Trade Associations (FETA) (www.feta.co.uk)**

A FETA é uma entidade do Reino Unido, que representa os interesses de fabricantes, fornecedores, instaladores e empreiteiras no ramo das bombas de calor, controles, ventilação, refrigeração e ar-condicionado. Divide-se em seis associações principais: ADCAS, BCIA, BFCMA, BRA, HEVAC e HPA. A British Refrigeration Association (BRA) é uma associação do ramo que representa fabricantes, importadores, atacadistas, distribuidores, empreiteiras, profissionais responsáveis pela especificação dos produtos e usuários finais das instalações, equipamentos e componentes de refrigeração. Ela também inclui os fabricantes de fluidos frigoríficos e lubrificantes, as escolas e os estabelecimentos de treinamento. Colabora com o governo, as entidades públicas e outras organizações, tanto no Reino Unido quanto no exterior, para ampliar os interesses da indústria de refrigeração.

**Green Cooling Association (GCA) (http://greencooling.org)**

A Green Cooling Association é uma organização voltada para os praticantes de refrigeração e ar condicionado ambientalmente conscientes e qualquer pessoa interessada em promover uma alternativa para uso de fluidos frigoríficos genuinamente e ambientalmente corretos. Ela é uma organização sediada na Austrália, voltada para a promoção da transição para os fluidos frigoríficos naturais, nas indústrias de refrigeração e ar-condicionado.

**Hydrocarbons 21 (www.hydrocarbons21.com)**

A Hydrocarbons21.com é um site na internet que apoia a utilização mundial dos hidrocarbonetos como fluidos frigoríficos naturais e eficientes em termos de energia, tanto para sistemas de aquecimento como refrigeração. Ele apresenta notícias diárias, um showcase de componentes e opções de engenharia, um diretório global, documentos e outros materiais.

**Natural Refrigerants Fund (NRF) (www.nrfund.org)**

O NRF é uma iniciativa para estabelecer um fundo para financiar o uso dos fluidos frigoríficos naturais, com o objetivo de incentivar a implementação das tecnologias que usam fluidos frigoríficos naturais nos países em desenvolvimento, juntamente com os países desenvolvidos.

**REFCOM (www.refcom.org.uk)**

O REFCOM é um programa de registro das empresas que são competentes no manuseio de fluidos frigoríficos. Foi implantado em 1994, em resposta ao prejuízo atmosférico causado por determinados fluidos frigoríficos. Desde então, o registro evoluiu para incluir os fluidos frigoríficos fluorados que, caso liberados na atmosfera, têm um potencial de aquecimento global consideravelmente mais alto que o $CO_2$.

**Refrigerants, Naturally! (www.refrigerantsnaturally.com)**

Refrigerants, Naturally! é uma iniciativa global das empresas dedicadas a combater as alterações climáticas e a redução da camada de ozônio, substituindo os fluidos frigoríficos nocivos ("gases-F" como os CFCs, HCFCs e HFCs) por fluidos frigoríficos naturais. Os membros atuais da Refrigerants, Naturally! incluem a The Coca-Cola Company, a Unilever, o McDonalds, a Carlsberg e a PepsiCo. Além dos membros corporativos, o Greenpeace e o Programa Ambiental das Nações Unidas (UNEP) apoiam a Refrigerants, Naturally! e assumem um papel orientador na sua administração.

**Refrigeration and Air Conditioning Manufacturers Association (RAMA) (www.rama.org.em)**

A RAMA promove o crescimento geral da indústria de ar condicionado e refrigeração na Índia. Ela é responsável pelo levantamento e divulgação das estatísticas industriais relacionadas à produção, venda e outros indicadores econômicos vitais entre seus membros e o governo, pela realização e facilitação de pesquisas sobre o ramo de AC&R, pela organização e apresentação de seminários, conferências e palestras destinadas aos profissionais do ramo, por colaborar com as associações do ramo e as entidades científicas, visando manter os membros da RAMA atualizados sobre as mais recentes normas e desenvolvimentos, e facilitar a adoção de normas relacionadas à fabricação, a eficiência energética e o controle ambiental.

**Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V., [Federação Alemã de Engenharia] (VDMA) (www.vdma.org)**

A VDMA é um dos principais prestadores de serviços da Europa e oferece a maior rede de engenharia industrial do continente. A VDMA representa 3.000 empresas, principalmente de pequeno e médio porte, no ramo de engenharia, o que a torna uma das maiores e mais importantes associações da indústria na Europa.

## Institutos e associações

**Chinese Association de Refrigeration (CAR) (www.car.org.cn)**

A CAR é uma organização nacional científica no campo de da indústria e comércio de refrigeração e ar condicionado, subordinada à China Association for Science e Technology (CAST). A CAR visa solidificar e atender seus membros e profissionais técnicos no campo da refrigeração. Visando o desenvolvimento da ciência e da tecnologia de refrigeração na China. A CAR desempenha muitas atividades como a facilitação das comunicações científicas nacionais e internacionais, bem como a elaboração e a revisão das normas de tecnológicas e de produtos no campo de refrigeração.

**German Society of Refrigerating and Air Conditioning (DKV) (www.dkv.org)**

A DKV é uma organização alemã de pesquisa técnica sobre o setor de refrigeração, ar condicionado e bombas de calor. A organização foi fundada em Berlim, em 1909, e tem hoje 1.300 membros na Alemanha, bem como no exterior. Os principais objetivos da sociedade incluem o avanço nas tecnologias, ciências e pesquisas da refrigeração, aquecimento e ar condicionado e a promoção das relações internacionais entre técnicos e cientistas que trabalham no mesmo campo, bem como a realização de projetos de pesquisa em conjunto.

**Heat Pump Centre (HPC) (www.heatpumpcentre.org)**

O HPC é um serviço internacional de informações relativas às tecnologias, aplicações e mercados das bombas de calor. A meta é acelerar a implementação das tecnologias relacionadas às bombas de calor, incluindo o ar condicionado e a refrigeração. O HPC é uma central de informações das atividades do IEA HeatPump Programme (HPP). O HPP funciona sob o controle da International Energy Agency (AIE) e seus participantes de diferentes países trabalham para a cooperação no desenvolvimento de projetos.

**International Institute of Refrigeration (IIR) (www.iifiir.org/en/)**

O IIR é uma organização intergovernamental científica e técnica, que proporciona uma consolidação de conhecimentos científicos e industriais em todas as áreas de refrigeração, em escala mundial. A missão do IIR é promover o conhecimento da tecnologia de refrigeração e todas suas aplicações, visando abordar os principais problemas da atualidade, incluindo a segurança alimentar e a proteção do meio ambiente (redução do aquecimento global e prevenção da destruição da camada de ozônio), e o desenvolvimento dos países subdesenvolvidos (alimentos e saúde). O IIR se dedica a melhorar a qualidade de vida e promover o desenvolvimento sustentável.

**International Institute of Ammonia Refrigeration (IIAR) (www.iiar.org)**

O IIAR é uma organização que oferece advocacia, educação, normas e informações em prol da indústria de refrigeração baseada na amônia, no mundo todo. A visão do IIAR é ser reconhecido como o maior defensor mundial da utilização segura, confiável e eficiente da amônia e outros fluidos frigoríficos naturais, em aplicações industriais.

**Institute of Refrigeration (IOR) (www.ior.org.uk)**

O IOR é uma organização independente de profissionais da refrigeração e de ar condicionado. O papel do IOR é ser um fórum para todas as pessoas profissionalmente envolvidas na Ciência e Engenharia da Refrigeração; promover a evolução técnica da refrigeração em todas as formas de utilização; em relação tanto ao aperfeiçoamento dos métodos quanto à minimização dos efeitos sobre o meio ambiente; incentivar a expansão dos serviços de refrigeração, ar-condicionado e bombas de calor visando o bem comum; promover meios de comunicação para o intercâmbio de experiências e pontos de vista; transmitir conhecimentos sobre a refrigeração e suas vantagens ao mundo externo; e incentivar a pesquisa e as invenções em todas as questões relacionadas à ciência e à prática da refrigeração.

**Laboratório de Ar Condicionado e Refrigeração (LaAR) (www.laar.unb.br)**

O LaAR visa contribuir para o progresso científico e tecnológico no campo da refrigeração, aquecimento, ventilação e ar condicionado. Por meio de modernas técnicas experimentais, da modelagem e de estudos de simulação, o LaAR se dedica à formação de recursos humanos e a pesquisas voltadas para o desenvolvimento de sistemas térmicos mais eficientes e com menor impacto ambiental.

**TÜV SÜD (www.tuev-sued.de/home_en)**

O Grupo TÜV SÜD é uma empresa globalmente ativa e voltada para o futuro, mas também continua tendo sucesso em seus serviços tradicionais como os testes periódicos da adequação dos veículos, o teste e a inspeção de plantas industriais, o teste de produtos e os pareceres de especialistas. O TÜV SÜD é representado internacionalmente em 600 locais e emprega aproximadamente 13.300 pessoas. O TÜV SÜD foi fundado por operadores de caldeiras há 140 anos, como uma entidade reguladora do setor privado, com o objetivo de "proteger o homem, o ambiente e o patrimônio contra os efeitos adversos da tecnologia", nos centros industriais dos estados alemães de Baden-Württemberg, Bavária, Hesse e Saxônia. Seguiu-se uma expansão gradual do âmbito de atividades da entidade alinhada com os processos tecnológicos relacionados à energia elétrica, aos veículos automotores, à segurança contra incêndios, às estações transformadoras, à engenharia, aos elevadores para pessoas, aos teleféricos, à proteção ambiental, à segurança dos produtos e aos sistemas de controle. O TÜV SÜD também internacionalizou suas operações, implantando escritórios em outros países da UE, nos EUA e no Extremo Oriente. Os tipos de serviços realizados pelo centro de

competência em refrigeração abrangem consultoria, inspeções, testes e pareceres de especialistas, bem como certificação e treinamento. A longa experiência prática de seus especialistas e a permanente colaboração com comissões nacionais e internacionais completam suas atividades. O centro de competência em refrigeração mantém-se ativo no setor há mais de 30 anos e montou seu próprio laboratório acreditado.

## Agências de desenvolvimento e fundos internacionais

**Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) (www.pnuma.org.br / www.unep.org)**

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) é um defensor, educador, catalisador e facilitador que incentiva a utilização prudente do patrimônio natural do planeta, visando o desenvolvimento sustentável.

A missão do programa é proporcionar liderança e incentivar parcerias no controle do meio ambiente, inspirando, informando e capacitando nações e pessoas a melhorar sua qualidade de vida, sem comprometer aquela das gerações futuras.

**Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) (www.pnud.org.br / www.undp.org)**

O PNUD é uma rede de desenvolvimento global das Nações Unidas e defende as mudanças e a conexão dos países com os conhecimentos, experiências e recursos que ajudam as pessoas a construir vidas melhores.

**Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (ONUDI) (www.nacoesunidas.org/agencia/onudi/ ou www.unido.org)**

A Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial se empenha em promover o desenvolvimento e a cooperação industrial internacional.

## Agências implementadoras bilaterais

A relação das agências bilaterais pode ser encontrada no seguinte site:

http://www.oecd.org/linklist/0,3435,en_2649_33721_1797105_1_1_1_1,00.html

**Agence Française de Développement (AFD) (www.afd.fr/jahia/Jahia)**

A Agence Française de Développement é uma agência francesa de cooperação para o desenvolvimento bilateral que apoia mais de 60 países em desenvolvimento, em nome do governo francês.

**Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) (www.giz.de/de/index.htm)**

Como uma organização de cooperação internacional para o desenvolvimento sustentável com operações no mundo todo, a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH pertencente ao governo federal e apoia o governo da Alemanha para atingir os objetivos de sua política de desenvolvimento. Ela oferece soluções viáveis e avançadas para o desenvolvimento político, econômico, sustentáveis e social em um mundo globalizado. Trabalhando em condições difíceis, a GIZ promove reformas complexas e processos de mudança. Seu objetivo é melhorar as condições de vida das pessoas em bases sustentáveis.

**Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC) (www.sdc.admin.ch)**

A Swiss Agency for Development and Cooperation é a agência de cooperação internacional da Suíça e faz parte do Federal Department of Foreign Affairs (FDFA).

## Fundos internacionais

**Clean Technology Fund (CTF) (www.climateinvestmentfunds.org/cif/node/2)**

Instituído em Julho de 2008, o Clean Technology Fund é um dos dois fundos (o outro é o Strategic Climate Fund) multidoadores "Trust Funds", os quais estão dentro do Climate Investment Fund (CIF) do Banco Mundial. Ele visa financiar medidas de transformação através de: incentivos positivos para a comprovação do desenvolvimento de métodos de baixo teor de carbono e redução das emissões de gases de efeito estufa, por meio de investimentos nos setores públicos e privados; promover o desenvolvimento em escala para a difusão e transferência de tecnologias limpas, custeando programas de redução do carbono e projetos incorporados nos planos nacionais, e estratégias para acelerar sua implementação; promover a concretização de benefícios ambientais e sociais indiretos, demonstrando assim o potencial das tecnologias de baixo teor de carbono que contribuem para o desenvolvimento sustentável e a conquista das Metas de Desenvolvimento do Milênio; promover a cooperação internacional sobre as alterações climáticas, apoiando contratos sobre o futuro do regime de alterações climáticas; utilizar a habilidade e a capacidade dos MBDs, para levantar e repassar recursos novos e adicionais, incluindo o fundo oficial e por concessão em escala considerável; e oferecer experiência e lições em resposta ao desafio das alterações climáticas, através do aprendizado prático.

**Global Environment Facility (GEF) (www.thegef.org/gef)**

A Global Environment Facility é uma parceria internacional de 178 países, instituições internacionais, organizações não governamentais (ONGs) e do setor privado, para tratar de problemas ambientais globais e, ao mesmo tempo, apoiar as iniciativas de desenvolvimento nacional sustentável. Ela oferece bolsas para projetos relacionados a seis áreas de concentração: biodiversidade, mudanças climáticas, águas de propriedade internacional, degradação do solo, camada de ozônio e poluentes orgânicos persistentes.

**International Climate Initiative (ICI) (www.bmu-klimaschutzinitiative.de/en/home_i)**

A International Climate Initiative é um fundo do governo da Alemanha. O objetivo geral do fundo é oferecer apoio financeiro aos projetos internacionais, apoiando a redução das mudanças climáticas, projetos de adaptação e de biodiversidade que sejam relevantes em relação ao clima. Ela visa garantir que esses investimentos proporcionem outros investimentos privados mais amplos e também visa garantir que os projetos financiados irão apoiar estrategicamente as negociações posteriores a 2012. Com essa finalidade, ela irá apoiar atividades e fundos multilaterais concentrados na adaptação e gestão florestal.

**Fundo Multilateral para Implementação do Protocolo de Montreal (FML) (www.multilateralfund.org)**

Conforme a Emenda de Londres ao Protocolo, em1990, foi instituído um mecanismo financeiro chamado Fundo Multilateral, para oferecer assistência na forma de bolsas e empréstimos por concessão aos países (do Parágrafo 5) que têm um consumo anual per capita de substâncias redutoras do ozônio (SDOs) inferior a 0,3 kg por ano, que precisam de ajuda para atingir as metas do Protocolo. As doações dos países desenvolvidos sustentam o Fundo Multilateral e chegaram a US$ 2.55 bilhões ao longo do período 1991-2009.

O fundo proporciona financiamento às atividades, incluindo o fechamento e a conversão industrial de fábricas de SDOs, assistência técnica, divulgação de informações, treinamento e aumento da capacidade, voltados para a interrupção do uso das SDOs utilizadas em diversos setores.

**Natural Refrigerants Fund (NRF) (www.nrfund.org)**

O NRF é uma iniciativa visando à implantação de um fundo de fluidos frigoríficos naturais. O objetivo é a adoção de tecnologias de fluidos frigoríficos naturais nos países em desenvolvimento, juntamente com os países desenvolvidos.

**Environmental Transformation Fund – International window (ETF – IW) (nenhum site na internet)**

O Environmental Transformation Fund – International window é uma iniciativa do governo do Reino Unido, que se concentra na redução da pobreza, na proteção ambiental e em ajudar os países em desenvolvimento a enfrentar as alterações climáticas. Durante seu desenvolvimento, uma grande proporção dos fundos propostos do ETF-IW foi alocada aos Fundos de Investimento Climático (FICs) administrados pelo Banco Mundial.

**Banco Mundial (www.worldbank.org)**

O banco Mundial é um grupo de cinco organizações internacionais que oferecem assistência financeira e técnica aos países em desenvolvimento, visando o desenvolvimento econômico e a eliminação da pobreza.

## Autoridades nacionais

**Unidades Nacionais de Ozônio (NOU)**

As Unidades Nacionais de Ozônio (NOU) são pontos focais nacionais para a adoção do Protocolo de Montreal. As NOUs são fundamentais para quaisquer decisões e medidas relacionadas à adoção dos planos de interrupção do uso do HCFCs em seus países. Os detalhes para contato estão disponíveis no site "Ozone Action Branch" do PNUMA: www.unep.fr/ozonaction/information/contacts.htm.

# ANEXO 4: CARACTERÍSTICAS INFLAMÁVEIS DOS HCs

## Introdução

É importante entender as características de "inflamabilidade" de um fluido, ou a facilidade com a qual uma substância se incendeia. Existe uma série de medidas para se avaliar isso, mas os principais parâmetros que descrevem a possibilidade das substâncias misturadas ao ar propagaram uma chama e/ou explodirem incluem:

- Temperatura do ponto de fulgor;
- Limite inferior de inflamabilidade;
- Limite superior de inflamabilidade;
- Concentração estequiométrica;
- Temperatura de autoignição;
- Energia mínima de ignição;
- Calor de combustão;
- Temperatura adiabática da chama;
- Velocidade laminar da chama.

Alguns desses parâmetros não são propriedades físicas ou químicas fundamentais de uma substância ou mistura. Ao contrário, a maioria é definida por testes padronizados e, por essa razão, os valores dos parâmetros irão mudar se as condições do teste forem variadas. Por exemplo: os valores irão mudar consideravelmente se a concentração de oxigênio da mistura ou a temperatura ambiente ou a umidade mudarem. Assim, os valores relatados sobre uma determinada substância podem ser menos relevantes, se as condições em que ela for utilizada divergir consideravelmente das condições do teste.

## Descrição das características

A relação das propriedades inflamáveis está indicada na Tabela 24. Os valores referentes a esses dados foram levantados em uma série de fontes[42].

**Ponto de fulgor (°C)**

É a temperatura mínima de uma substância líquida, necessária para gerar vapor suficiente que a substância possa entrar em chama. Assim, abaixo da temperatura do ponto de fulgor, não existe vapor suficiente para que ocorra uma chama. Tal como acontece com as outras características, o ponto de fulgor pode ser medido de diferentes formas, embora o método preferencial seja um "copo fechado de pequena escala". As substâncias que têm um ponto de fulgor abaixo de +21 °C são denominadas "extremamente inflamáveis", ao passo que aquelas com pontos de fulgor entre +21 °C e +55 °C são "inflamáveis" e aquelas com ponto de fulgor acima de +55 °C são "combustíveis". Os fluidos frigoríficos HCs comuns são todos extremamente inflamáveis.

42 Coward, HF e GW Jones, 1952, Limits of flmmability of gases and vapours, Bulletin 503, Bureau of Mines; Harris, RJ, 1983; Gas explosions in buildings and heating plant, British Gas Corp., EF & N Spon Ltd., Reino Unido; Kuchta, JM, 1985, Investigation of fie and explosion accidents in the chemical, mining, and fuel-related industries – a manual, Bulletin 680, EUA; Bureau of Mines; Estimating the flmmable mass of a vapour cloud, Centre for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers, Nova York, EUA; Zabetakis, MG, 1965, Flammability characteristics of combustible gases and vapours, Bulletin 627, Bureau of Mines.

**Limite inferior de inflamabilidade (%, kg/m³)**

É a menor concentração de gás no ar, necessária para que a mistura entre em chama na presença de uma fonte de ignição. Abaixo do limite inferior de inflamabilidade, não existe combustível suficiente para que haja combustão. Existe normalmente uma faixa de valores referentes a qualquer substância, devido a sua sensibilidade à fonte de ignição, à pressão, à temperatura da mistura e à umidade do ar.

Tabela 24: Propriedades inflamáveis de alguns fluidos frigoríficos HCs

| Propriedade | | R600a | R290 | R1270 | R290/ R600a * | R290/ R170 ** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ponto de fulgor (°C) | | -83 | -104 | -108 | -94 | -106 |
| Temperatura de autoignição (°C) | | 460 | 470 | 455 | 465 | 470 |
| Energia mínima de ignição (mJ) | | 0,25 | 0,25 | 0,28 | 0,25 | 0,25 |
| Limite Inferior de Inflamabilidade | (kg/m³) | 0,043 | 0,038 | 0,043 | 0,040 | 0,038 |
| | (%) | 1,80 | 2,10 | 2,50 | 1,95 | 2,15 |
| Limite Superior de Inflamabilidade | (kg/ m³) | 0,202 | 0,171 | 0,174 | 0,186 | 0,172 |
| | (%) | 8,5 | 9,5 | 10,1 | 9,0 | 9,7 |
| Concentração estequiométrica | (kg/ m³) | 0,074 | 0,072 | 0,077 | 0,073 | 0,073 |
| | (%) | 3,1 | 4,0 | 4,4 | 3,5 | 4,1 |
| Calor de combustão (kJ/kg) | | 49500 | 50500 | 49000 | 50000 | 50600 |
| Temperatura adiabática da chama (°C) | | 2010 | 1970 | 2050 | 1990 | 1960 |
| Velocidade laminar da chama (m/s) | | 0,37 | 0,43 | 0,48 | 0,40 | 0,43 |

* Baseado em uma composição molar de 50% de R290 e 50% de R600.
** Baseado em uma composição molar de 94% de R290 e 6% de R170.

**Limite superior de inflamabilidade (%, kg/m³)**

É a maior concentração de gás no ar, que permite que a mistura entre em chama na presença de uma fonte de ignição. Acima do limite superior de inflamabilidade, não existe oxigênio suficiente para que haja combustão. Existe normalmente uma faixa de valores referentes a qualquer substância, devido a sua sensibilidade à fonte de ignição, à pressão, à temperatura da mistura e à umidade do ar.

**Concentração estequiométrica (%, kg/m³)**

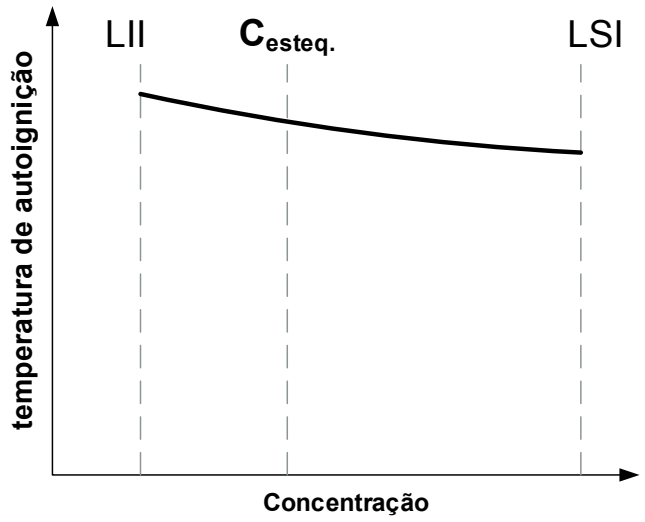
É a concentração de um combustível no ar, na qual ocorre a completa conversão ou oxidação de todo o combustível e o consumo de todo o oxigênio. Assim, após a combustão de um HC no ar, restará apenas dióxido de carbono e água. Normalmente, a concentração estequiométrica se dá quando a mistura é mais reativa e, consequentemente, existe a concentração "mais inflamável".

**Temperatura de autoignição (°C)**

É a temperatura mínima de uma superfície que pode inflamar o gás. Especificamente, ela é definida como a menor temperatura necessária para que uma determinada mistura de um combustível e ar entre espontaneamente em combustão mesmo na ausência de qualquer fonte de ignição. Ela é determinada como a menor temperatura de uma superfície de vidro (que se presume que seja quimicamente inerte) na qual as gotículas de um líquido que caírem na superfície entrarão em combustão espontaneamente. Devido aos efeitos catalíticos, os valores de outros tipos de superfícies podem ser mais baixos. Existe ainda um atraso

envolvido na temperatura de autoignição da mistura, devido à qual uma temperatura superficial mais elevada irá resultar na maior rapidez da ignição. A temperatura de autoignição é ainda muito sensível à temperatura do ar, à umidade e às dimensões do espaço. Ela também varia de acordo com a concentração, conforme indicado pela Figura 73.

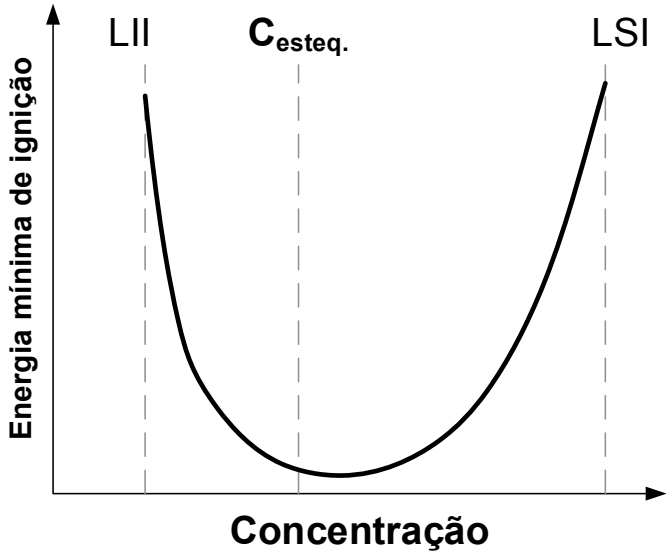
Figura 73: Variação da temperatura de autoignição, conforme a concentração do gás




**Energia mínima de ignição (mJ)**

É a energia mínima que pode inflamar uma mistura composta de uma substância inflamável e ar, e normalmente próxima da concentração estequiométrica. Normalmente, a energia é gerada por uma faísca eletrostática emitida por um circuito elétrico capacitivo. Os diversos métodos de teste utilizam diferentes componentes do circuito e disposições dos eletrodos, acarretando uma variação dos valores. Existe uma variação muito ampla da energia mínima de ignição, dependendo da concentração da mistura, conforme ilustrado na Figura 74. Por exemplo: a energia mínima de ignição, necessária para inflamar uma mistura perto do limite inferior ou superior de inflamabilidade, é alguns milhares de vezes maior que a da concentração estequiométrica.

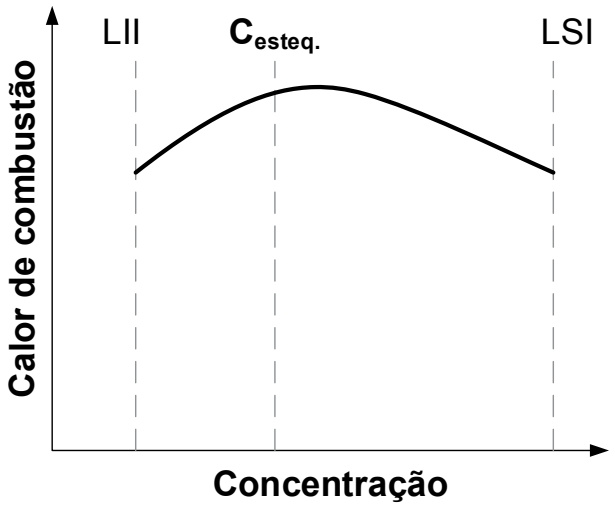
Figura 74: Variação da energia mínima de ignição, conforme a concentração do gás



**Calor de combustão (kJ/kg)**

O calor de combustão – ou energia de combustão, valor de aquecimento, poder calorífico, etc. – é o volume de energia térmica liberada pela combustão completa da mistura de combustível e ar (por exemplo, na concentração estequiométrica). Em outras concentrações, o calor de combustão é menor, conforme ilustrado na Figura 75. O valor pode ser calculado a partir do resultado da entalpia da mistura queimada e não queimada, bem como através da medição. Quando se considera o calor de combustão no caso dos combustíveis, utiliza-se uma série de variações dependendo da temperatura final da mistura queimada, e se o vapor d'água condensou, ou não, de volta para forma líquida.

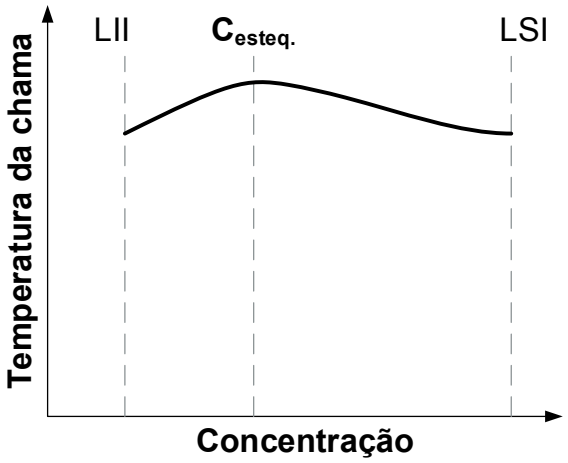
Figura 75: Variação do calor de combustão, conforme a concentração do gás




**Temperatura adiabática da chama (°C)**

É a temperatura máxima da chama da mistura combustível/ar queimada, próxima da concentração estequiométrica e supondo-se que não haja perda de calor para o ambiente. No caso de um determinado conjunto de condições, a temperatura adiabática da chama pode ser calculada (a partir do resultado da entalpia da mistura queimada e não queimada), embora os valores medidos tendem a ser, aproximadamente, 100 K menores que isso. Os valores mencionados na Tabela 1 são os valores calculados. Uma vez que o calor da combustão varia conforme a concentração, assim também varia ligeiramente a temperatura da chama, conforme ilustrado na Figura 76.

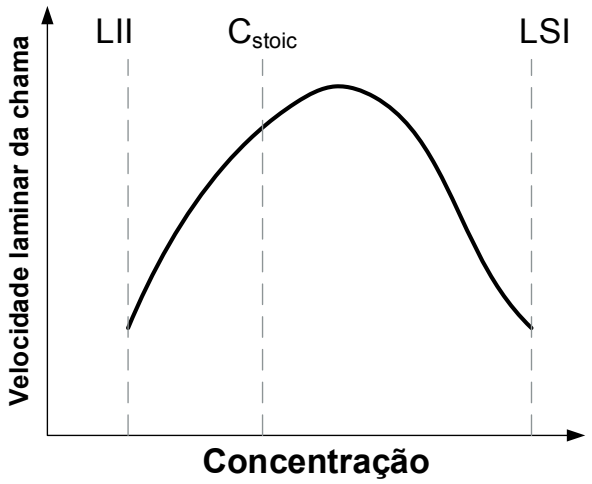
Figura 76: Variação de temperatura adiabática da chama, conforme a concentração do gás



**Velocidade laminar da chama (m/s)**

A velocidade laminar da chama – ou velocidade de combustão laminar – é uma representação da taxa de expansão da frente da chama, conforme a mistura se queima. O valor é normalmente obtido pela medição, sendo ainda muito sensível a diversos fatores, como a concentração (Figura 77). Ela oferece uma indicação da rapidez da combustão da mistura combustível/ar, em condições constantes e ideais. Por comparação, as velocidades das chamas turbulentas ocorrem em condições não uniformes e podem ser consideravelmente mais elevadas.

Figura 77: Variação da velocidade laminar da chama, conforme a concentração do gás



# ANEXO 5: CÁLCULO DE CONCENTRAÇÃO EM CASO DE VAZAMENTO

## Introdução[43]

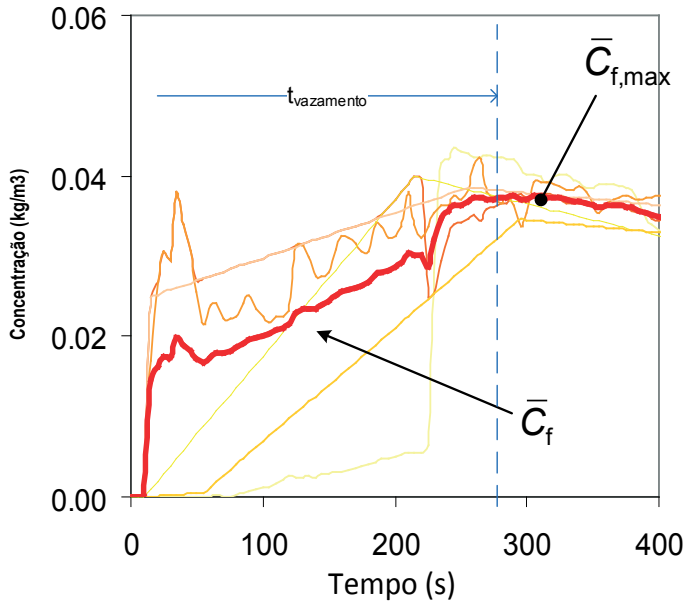
Às vezes é importante tentar estimar o tamanho de possíveis concentrações de fluido frigorífico decorrente de um vazamento desse fluido em um determinado espaço. Em geral, a evolução da concentração é bastante variável e sensível a uma série de diferentes parâmetros. No entanto, apresenta-se neste tópico uma correlação, visando ajudar a realizar essas avaliações, baseada em uma série de experiências e diversos estudos diferentes.

O cálculo é baseado em dois cenários de vazamentos diferentes:

- Determinação da concentração máxima ($C_{f,máx.}$, em kg/m³) das concentrações médias encontradas no nível do solo– que é a média dos valores de todos os pontos usados como amostra e localizados no nível do piso, pois esses valores são medidos a cada  a cada incremento de tempo, logo o maior desses valores é considerado como a concentração máxima – proveniente de um vazamento  "catastrófico";
- Determinação do $C_{f,máx.}$ para um vazamento prolongado.

Dependendo da combinação de condições, a concentração pode variar consideravelmente em um determinado ponto do piso e, ao mesmo tempo, a concentração será bastante diferente entre os diversos pontos do piso. Por essa razão, a correlação é baseada no valor médio da concentração $C_f$ medida no nível do piso em um determinado tempo (baseado na medição da concentração ponderada pela área, em diferentes pontos do piso), e o valor máximo desses valores médios, $C_{f,máx.}$ , é utilizado como a concentração de interesse. Considerando-se que há muitas variações das concentrações no local, a utilização de  $C_f$ e $C_{f,máx.}$ demonstram ser  os valores mais consistentes da dispersão do fluido frigorífico. A Figura 78 tenta ilustrar este conceito; onde a linha mais fraca indica as concentrações no local e a linha vermelha é $C_f$, e também $C_{f,máx}$ quando atinge seu valor máximo.

Figura 78: Exemplo de diferentes concentrações no nível do piso e a média dos valores




43 Consulte Colbourne e Suen (2008); Colbourne e Suen (2003)

## Cálculo de um vazamento catastrófico[44]

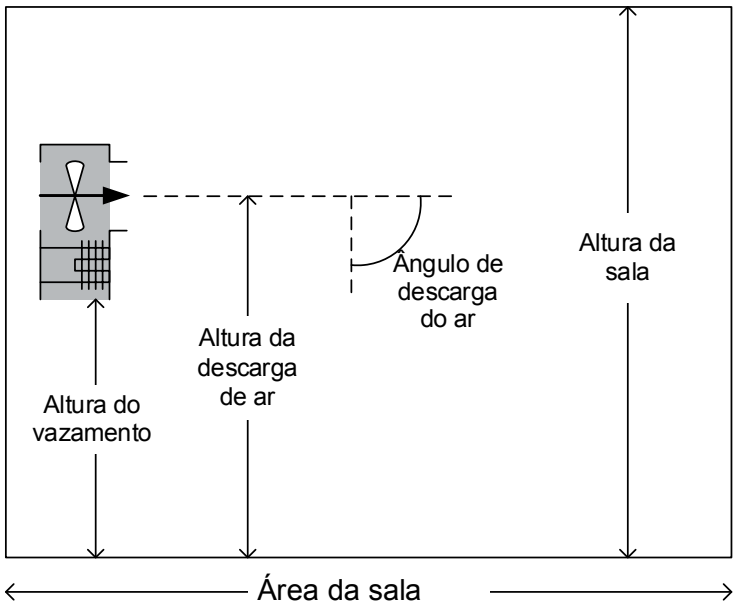
Considera-se que vazamentos "catastróficos" representam uma situação altamente perigosa, uma vez que geram elevadas concentrações. Neste caso, foi considerado um vazamento de toda a carga de fluido frigorífico ao longo de um período de 210 segundos, assumindo uma vazão mássica constante.

A $C_f$ durante um vazamento é uma função das diversas características relativas ao projeto e à instalação do equipamento. As variáveis independentes – que podem ser especificadas conforme o projeto e a construção do equipamento – são as seguintes:

- Massa de fluido frigorífico proveniente do vazamento, $m_r$ (kg);
- Movimentação do ar no ambiente, causada por um ventilador, por exemplo, $V_d$ ($m^3/s$);
- Altura do ponto da descarga do ar $h_d$ (m);
- Direção da descarga do ar θ (rad);
- Altura do vazamento $h_r$ (m), como a parte mais baixa que contenha fluido frigorífico;
- Densidade do fluido frigorífico $\rho_r$ ($kg/m^3$);
- Tamanho do ambiente, VRm ($m^3$) ou área da sala $A$Rm ($m^2$).

Alguns desses parâmetros estão indicados na Figura 79.

Figura 79: Diagrama esquemático dos parâmetros envolvidos no cálculo da concentração




$C_{f,máx}$ é calculado a partir do resultado da eficácia da mistura, ε e $C_{Rm}$ (equação 23), na qual ε é, então, estabelecido como uma função do número de Richardson $Ri$ e da relação $h_d/h_r$ (equação 24).

$$\bar{C}_{f,max} = \varepsilon \bar{C}_{Rm} \ , \quad \varepsilon \geq 1 \tag{23}$$

44 Na verdade, a velocidade de um vazamento catastrófico real não é constante; ela tende a aumentar rapidamente até o valor máximo, pois ela depende do tamanho do furo e diminui após um determinado período, conforme a pressão interna cai e o fluido frigorífico remanescente se separa do óleo do compressor. Além disso, o tempo necessário para que uma porcentagem do fluido frigorífico saia do sistema depende dos seguintes fatores: localização e do tamanho do furo, se o sistema está ligado ou desligado, comprimento e do diâmetro das tubulações, e a instação e as condições dos controles como válvula solenoides, etc.

$$\varepsilon = 0.091\sqrt{Ri}\left(\frac{h_d}{h_r}\right)^{1,63} \quad , \quad \varepsilon \geq 1 \tag{24}$$

A concentração máxima das concentrações médias ocorre sempre junto ao piso; sendo assim, $C_{f,máx}$ não pode ser menor que a concentração homogênea; consequentemente, as equações (23) e (24) só são válidas quando ε ≥ 1. Existem diversas definições numéricas para o uso de *Ri* e, neste caso, é utilizada a definição convencional da equação (25), mas com a inclusão de um fator de correção do ângulo da descarga (ξ).

$$Ri = g' \frac{h_{fr}}{(\bar{U}_{Rm}\xi)^2} \ , \ \bar{U}_{Rm\xi} \geq \bar{U}_{Rm,min} \tag{25}$$

Em que $\bar{U}_{Rm,min}$ (m/s) é a velocidade mínima do ar do ambiente (conforme discutido mais adiante), e a gravidade reduzida (g') representa a impulsão (força hidrostática) do fluido frigorífico em relação ao ar (equação 26).

$$g' = g\frac{\rho_r - \rho_a}{\rho_a} \tag{26}$$

Em que g é a aceleração da gravidade, $\rho$r (kg/m$^3$) é a densidade do gás proveniente do vazamento (à temperatura ambiente) e $\rho$a(kg/m$^3$) é a densidade do ar (baseada na temperatura ambiente e na pressão atmosférica).

Uma vez que a propagação de um vazamento no ar ocorre normalmente em função da velocidade do ar, da vazão de ar da unidade e da área do duto de descarga de ar $A_d$ (m$^2$), logo eles são combinados para se obter a velocidade média do ar do ambiente $\bar{U}_{Rm,min.}$ (m/s). A equação 27 permite calcular $\bar{U}_{Rm,min.}$, utilizando-se o coeficiente de descarga $c_d$ = 0.45.

$$\bar{U}_{Rm} = \frac{\dot{V}_d}{\sqrt{C_d A_d V_{Rm}^{1/3}}} \tag{27}$$

O fator de correção (ξ) é introduzido e aplicado a $\bar{U}_{Rm}$, para compensar o efeito da descarga do ar não horizontal (equação 28). Isso inclui a altura relativa da descarga do ar em relação à altura do ambiente, uma vez que se pode esperar que a influência do ângulo de descarga sobre a misturação seja menos aparente, à medida que a altura da descarga do ar se aproxima do nível do piso.

$$\xi = exp[(h_d/h_{Rm})(-1.21\theta + 1.46)] \tag{28}$$

O ângulo de descarga θ (em radianos) é definido em relação ao plano vertical. Por exemplo: θ = 90°= $\boldsymbol{\pi}$ rad para uma descarga horizontal e θ = 60° = $\boldsymbol{\pi}$ rad para um jato inclinado para baixo.

E, finalmente, quando a movimentação forçada do ar for pouca ou nenhuma, ($\bar{U}_{Rm} \approx 0$) e quando as equações (23) e (24) apresentarem valores irreais e elevados, significa que a velocidade do ar em um ambiente sem movimentação não está realmente "parada" e varia normalmente na faixa de 0,03 – 0,05 m/segundo (independentemente do período de tempo que permanece em repouso). Para resolver esta situação, há uma

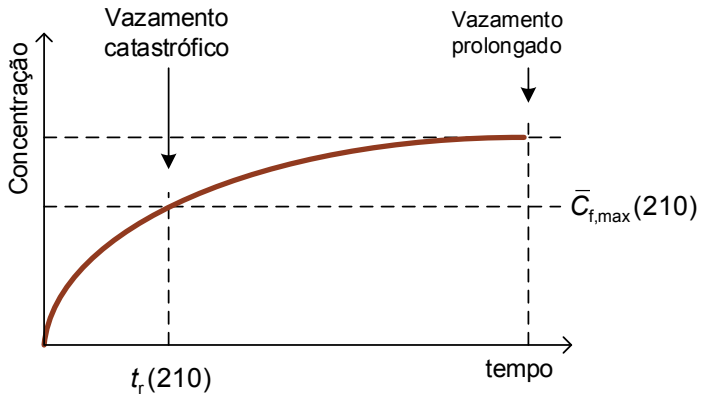
fórmula para determinar a velocidade mínima do ar. Então, quando houver uma velocidade muito reduzida do ar, o termo $\bar{U}_{Rm}\,\xi$ da equação (25) se torna $\bar{U}_{Rm,min}$ da equação (29).

$$\bar{U}_{Rm,min} = 0.1\,\frac{h_r^{3/2}}{h_{Rm}}\sqrt{\frac{g\prime}{A_{Rm}}}\;\;,\bar{U}_{Rm,min} \leq\; \bar{U}_{Rm}\xi \tag{29}$$

## Cálculo de vazamentos não catastróficos

Embora a avaliação da $C_{f,máx}$ possa ser importante para se prever os piores casos de concentração, ela também é útil para se prever as concentrações decorrentes de vazamentos mais lentos. Isto é relevante principalmente quando se considera o caso de um vazamento continuar depois que for uma circulação de ar forçada for interrompida. Consequentemente, utiliza-se um conjunto adicional de fórmulas no caso de vazamentos que duram mais de 210 segundos. Utiliza-se uma caracterização da evolução da concentração ao longo do tempo e a extrapolação da alteração na concentração de um vazamento catastrófico ao longo de um longo período, conforme ilustrado na Figura 80.

Figura 80: Gradiente da evolução da concentração junto ao piso, em relação ao tempo




Consequentemente, se for calculado $C_{f,máx}$ de um vazamento catastrófico (como acima), o aumento da concentração à medida que o vazamento continuar além dos 210 segundos poderá, então, ser calculado. Determinando-se o primeiro incremento $C_{f=}\,C_{f,máx,\,210}$ e $t_r = t_{r,210}$de uma vazamento catastrófico, a equação (30) poderá ser usada para se estimar $C_f$em qualquer $t_r > 210$ s.

$$\bar{C}_f(t_r) = 1/exp\left[\mathrm{In}\left(\frac{t_{r,210}^{n}}{\bar{C}_{f,max,210}}\right) - nIntr\right] \tag{30}$$

Baseado na massa do vazamento após 210 segundos, calcula-se $C_{f,máx,\,210}$ a partir das equações (23) e (24), mas utilizando-se o $C_{Rm,máx,\,210}$ (exemplo: $C_{Rm}$ teve o vazamento interrompido em 210 s), em vez de $C_{Rm}$ ($t_r$) obtido a partir da equação (31).

$$\bar{C}_{Rm,210} = \left(t_{r,210}\,\frac{m_r}{t_r}\right)\frac{1}{V_{Rm}} \tag{31}$$

O índice da equação (30) indica a forma da evolução da curva de concentração ao longo do tempo (após os primeiros 50 – 100 s). Quando a mistura for muito eficaz (ex.: $\varepsilon \approx 1$), o gradiente $dC_f/dt$ será quase linear, implicando que $n \approx 1$, de modo que, quando a mistura for pouca (um valor de ε mais baixo), o gradiente

d$C_f$ mudará e, consequentemente o resultado será $n < 1$. Subsequentemente, será possível utilizar a relação entre $n$ e ε na equação (32).

$$n = 1/\sqrt{\epsilon} \tag{32}$$

## Observações finais

Como já foi dito, as condições ambientais locais, a geometria do ambiente, as características do vazamento e muitos outros fatores podem afetar a concentração de um fluido frigorífico proveniente de um vazamento em um local. Esta correlação ajuda a se obter uma indicação da concentração média que pode ocorrer no ambiente. É evidente que, quando ocorrer um vazamento em um sistema, o fluido frigorífico estará inicialmente na concentração de 100% e haverá concentrações localizadas de valores muito elevados, em alguns locais dentro do espaço, independentemente do volume que vazou ou de outras condições.

Esta correlação foi baseada em uma série de experiências e comparada a um grande volume de dados de outros estudos. Ao longo das comparações, constatou-se que o $C_{f,máx}$ calculado ficava dentro de ± 50% das medições em mais de 80% dos casos. Além disso, os valores calculados de $C_{f,máx}$ eram na média 16% mais elevados que a medição. Por comparação com outros modelos e correlações utilizadas no cálculo das concentrações decorrentes do vazamento de gás (em outras indústrias, por exemplo), isso foi considerado um resultado bastante exato. É evidente que é importante considerar a faixa de parâmetros segundo os quais essas correlações foram estabelecidas e ter em mente que utilizá-las em situações fora desses limites pode levar a erros maiores. Em geral, os limites são aproximadamente:

- Massa do fluido frigorífico entre 0,1 kg e 2,5 kg;
- Tamanho do ambiente entre 5 m$^2$ e 50 m$^2$;
- Velocidade do ar entre 0,02 m/s e 0,4 m/s;
- Altura do vazamento de fluido frigorífico entre 0,2 m e 3 m.

Por último, deve-se considerar que a maioria das medições foi realizada em condições que se fosse ao contrário promoveriam uma mistura de ar inadequada dentro do ambiente, visando assim à maior concentração possível. Isso inclui velocidades de liberação muito baixas na fase do vapor, em a uma direção descendente, e utilizando-se ambientes bem vedados, para se evitar qualquer infiltração térmica ou corrente de ar. Consequentemente, espera-se que estes cálculos resultem nas maiores concentrações atingíveis em um determinado conjunto de condições.

# ANEXO 6: EQUIPAMENTO PARA O TREINAMENTO DOS TÉCNICOS

## Relação de ferramentas e equipamentos

| | Qtd. | Descrição | Mínimo exigido | Ideal |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 20 | Caixa de ferramentas (metálica) | ✓ | |
| 2 | 20 | Par de luvas de segurança para o manuseio de fluidos frigoríficos (resistentes a ácidos) | ✓ | |
| 3 | 20 | Par de luvas de segurança para trabalho mecânico | ✓ | |
| 4 | 20 | Óculos de segurança | ✓ | |
| 5 | 20 | Escala métrica dobrável de 2 m | ✓ | |
| 6 | 20 | Régua de aço (40 cm) | | ✓ |
| 7 | 20 | Nível de bolha | | ✓ |
| 8 | 20 | Esquadro de serralheiro | | ✓ |
| 9 | 20 | Paquímetro digital | | ✓ |
| 10 | 20 | Lanterna | | ✓ |
| 11 | 20 | Punção de centro | | ✓ |
| 12 | 20 | Alicate para decapar fios | ✓ | |
| 13 | 20 | Extensão elétrica com cabo de aproximadamente 10 m | ✓ | |
| 14 | 20 | Arco de serra e lâminas extras (de aproximadamente 30 cm) | ✓ | |
| 15 | 20 | Martelo bola de 300 gramas | ✓ | |
| 16 | 20 | Jogo de limas (quadrada, chata e triangular) | | ✓ |
| 17 | 20 | Agulha grossa | | ✓ |
| 18 | 20 | Conjunto de chaves alien (para parafusos com sextavado interno) de 2,5 mm a 10 mm | | ✓ |
| 19 | 20 | Conjunto de chaves combinadas (boca/estria) (9 peças) de 6 mm a 22 mm | ✓ | |
| 20 | 20 | Chaves inglesas (conjunto de 3 tamanhos diferentes), 6, 8 e 12 polegadas | ✓ | |
| 21 | 20 | Chave do tipo Grifo para tubos (35 cm) | ✓ | |
| 22 | 20 | Chave catraca (Rota-lock) | ✓ | |
| | | | | |

| | Qtd. | Descrição | Mínimo exigido | Ideal |
|---|---|---|---|---|
| 23 | 20 | Jogo de chave soquete e bits (ponteiras perfil torx) de 6 mm a 22 mm | ✓ | |
| 24 | 20 | Alicate de pressão de 6 a 12 mm | | ✓ |
| 25 | 20 | Alicate lacrador de 8 ou 10 polegadas | ✓ | |
| 26 | 20 | Alicate perfurador de 6 a 22 mm (com gaxeta e agulha para reparo) | ✓ | |
| 27 | 20 | Kit de ferramentas (flangeador/alargador de tubos de cobre) | ✓ | |
| 28 | 10 | Kit de expansor de tubos (10 – 22 mm) | | ✓ |
| 29 | 20 | Kit de curvador de tubos do tipo alavanca de (1/4", 5/16", 3/8", 1/2") | ✓ | |
| 30 | 20 | Cortadores de tubos, pequeno e grande | ✓ | |
| 31 | 20 | Kit flangeador | ✓ | |
| 32 | 20 | Espelhos de inspeção | ✓ | |
| 33 | 20 | Jogo de escareadores de tubos interno/externo & um escareador de tubos do tipo caneta | ✓ | |
| 34 | 20 | Cortador de tubos capilares | ✓ | |
| 35 | 10 | Medidor de tubos capilares | | ✓ |
| 36 | 20 | Escova de aço com comprimento mínimo de 6 polegadas | ✓ | |
| 37 | 10 | Conjunto de engates rápidos para os tubos de processo (de 6 mm a ¼") | ✓ | |
| 38 | 10 | Conjunto para brasagem (propano/oxigênio), se a brasagem for de acordo com a Tabela (1) - 2 indisponível | | ✓ |
| 39 | 20 | Máscara para solda de fibra de silicato | | ✓ |
| 40 | 5 | Cilindro de nitrogênio (N2) de 20 litros, testado a pressão de 300 bar, pressão de trabalho de 200 bar, instalado e fixado em um carrinho | ✓ | |
| 41 | 5 | Regulador da pressão (N2) completo com mangueira de transferência, 200 bar de pressão de entrada, 40 bar de pressão de trabalho | ✓ | |
| 42 | 20 | Conjunto de chaves para apertar/desapertar parafusos (7 peças), incluindo fenda, estrela e Philips. Isoladas e testadas até 1000 V (EN60900) | ✓ | |
| 43 | 20 | Conjunto de 4 alicates isolados, testados a 1000 V (EN60900) | ✓ | |
| 44 | 20 | Alicate de 6 polegadas para desencapar cabos isolados com isolamento de até 1000 V (EN60900) | ✓ | |

| | Qtd. | Descrição | Mínimo exigido | Ideal |
|---|---|---|---|---|
| 45 | 20 | Conjunto de chaves para apertar/desapertar parafusos | | ✓ |
| 46 | 20 | Alicate de corte de 6 polegadas | | ✓ |
| 47 | 20 | Conjunto de soquete, terminal de cabo e adaptador incluindo fita isolante | ✓ | |
| 48 | 20 | Alicate Amperímetro de corrente (A), tensão (V) e resistência | ✓ | |
| 49 | 20 | Teste da tensão da rede elétrica com LED | ✓ | |
| 50 | 10 | Teste da capacitância | | ✓ |
| 51 | 2 | Cabo para teste, dispositivo de partida e teste de compressores (herméticos) | | ✓ |
| 52 | 20 | Ímã para teste de válvulas solenoide | | ✓ |
| 53 | 20 | Crimpador de cabos testado e isolado até 1000 V (EN60900) | ✓ | |
| 54 | 20 | Furadeira sem fio, incluindo conjunto de brocas e mandris | | ✓ |
| 55 | 20 | Ferramenta de remoção dos núcleos de válvulas | | ✓ |
| 56 | 20 | 4-Conjunto de manifolds com mangueiras para o fluido frigorífico (válvulas de esfera) 3x1/4" SAE e 1 3/8" SAE e mangueira para vácuo de 3/8" | ✓ | |
| 57 | 10 | Conjunto de duas mangueiras extras para fluido frigorífico 3x1/4" SAE de 150 cm de comprimento, com válvulas de esfera, juntas sobressalentes e depressores | | ✓ |
| 58 | 20 | Adaptador para carga de líquido | | ✓ |
| 59 | 10 | Tampões roscados de ¼" SAE (conjunto de 10 peças) | ✓ | |
| 60 | 10 | Vacuômetro eletrônico (microns, Pa, mbar) com proteção contra alta pressão de 20 bar | ✓ | |
| 61 | 2 | Teste de compressores (verificação da compressão) | ✓ | |
| 62 | 20 | Termômetro de bolso | ✓ | |
| 63 | 10 | Termômetro eletrônico de precisão com conexão para duas sondas (-50 °C a 50°C) | ✓ | |
| 64 | 10 | "Data logger" para monitoramento de temperatura e umidade, com interface com PC e software | | ✓ |
| 65 | 10 | Detector de vazamento eletrônico com alarme visual e sonoro, sensibilidade de 3 gramas/ano para fluidos frigoríficos halogenados | ✓ | |
| | | | | |

| | Qtd. | Descrição | Mínimo exigido | Ideal |
|---|---|---|---|---|
| 66 | 10 | Detector de vazamento eletrônico com alarme visual e sonoro, sensibilidade de menos de 50 ppm de fluidos frigoríficos HC | ✓ | |
| 67 | 2 | Vazamento de referência para detectores de vazamentos, taxa de 5 gramas/ano | ✓ | |
| 68 | 20 | Spray de detecção de vazamento de fluido com solução que possa trabalhar com faixa de -6 °C a 120 °C de temperatura superficial | | ✓ |
| 69 | 2 | Decibelímetro | | ✓ |
| 70 | 2 | Anemômetro com bloqueio de ar manual | | ✓ |
| 71 | 10 | Balanças eletrônicas até 50 kg, resolução de 2 gramas, precisão de +/- 0,5%, alimentadas por bateria | ✓ | |
| 72 | 5 | Cilindro para carga de gás, graduação em gramas, válvula de segurança, compensação de oscilação e indicação da pressão e da temperatura | | ✓ |
| 73 | 5 | Cilindro para recolhimento do fluido frigorífico com resistência de aquecimento (tipo cinta) de aproximadamente 400 W, 230 V, 60 °C | | ✓ |
| 74 | 2 | Kit de teste para óleo e fluido frigorífico (“Total Test”) | | ✓ |
| 75 | 10 | Válvula tanque de 1/4” com conexão SAE | | ✓ |
| | | | | |

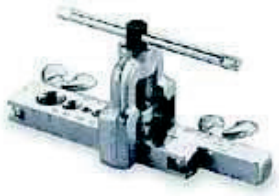
## Relação dos itens de consumo

| | Qtd. | Descrição | Mínimo exigido | Ideal |
|---|---|---|---|---|
| 76 | | Tubos de cobre de 6 a 22 mm, eletrodos (4 % de prata e fósforo) e fluxo de brasagem, flange/porca sextavada com rosca interna, adaptadores, filtro secador etc. | ✓ | |
| 77 | | Fluido frigorífico HC R-290 em cilindros de aproximadamente 30 libras (14 kg), 99,5 % de pureza | ✓ | |
| 78 | | Garrafa de fluido frigorífico HC R-600a de aproximadamente 400 g, 99,5 % de pureza | ✓ | |
| 79 | | Garrafa com mistura de HCs, 50 % de R600a / 50% de R-290 de aproximadamente 400 g, 99,5 % de pureza | ✓ | |
| 80 | | Diferentes tipos de conectores de cabos (múltiplos cabos) | ✓ | |
| 81 | | Caixa elétrica isolada de 140 x 140 x 80 mm, IP 65 (IP 54) | ✓ | |
| 82 | | Termostato com tubo capilar de geladeiras e freezers, com design totalmente selado, e com diferentes faixas de temperaturas | ✓ | |
| 83 | | Relês de partida para compressores de estado sólido (selados), 1/12 a ½ HP | ✓ | |
| 84 | | Caso estejam disponíveis, os assim chamados kits de "retrofit" para eletrodomésticos, inclusive os materiais dos itens anteriores (80-82) e lâmpadas do refrigerador | ✓ | |
| 85 | | Lubrificante para compressores (mineral) | ✓ | |
| 86 | | Diversos aparelhos de refrigeração herméticos | ✓ | |
| 87 | | Diversos compressores herméticos (usados, mas funcionando) | ✓ | |
| 88 | | Diversos compressores semi-herméticos (usados, mas funcionando) | ✓ | |
| | | | | |

## Outros equipamentos recomendados

| | Qtd. | Descrição | Mínimo exigido | Ideal |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | Bomba de vácuo, dois estágios, de aproximadamente 150 l/m, 15 microns, válvula de balastro de gás com conexão de 1/4" e 3/8" SAE | ✓ | |
| 2 | 10 | Unidade de recolhimento de fluido frigorífico, portátil, sem óleo, ½ HP, completa com mangueiras e filtro de linha | ✓ | |
| 3 | 10 | Estação portátil para carga de fluido HC, bomba de vácuo de aproximadamente 35 l/m, balança para pesagem (0 – 2000 g) com precisão de 1 g, suporte para cilindro de fluido frigorífico com válvula, vacuômetro, um manômetro (LP – de baixa pressão) para R-134a, R-12, R-22, um manômetro (LP – de baixa pressão) para R-600a, todas as mangueiras necessárias para carga de fluido com válvula de esfera, uma mangueira para liberação de fluido de 10 m e diâmetro externo mínimo de 15 mm com adaptador para porta de exaustão da bomba de vácuo | ✓ | |
| 4 | 2 | Unidade de recolhimento, reciclagem, evacuação e carga de fluido frigorífico (MAC) com certificação SAE J2788, com balança eletrônica interna para cilindro de recolhimento de 30 libras, com indicador de gás não condensável e dispositivo para purga manual, operação semiautomática, manômetros de alta e baixa pressão com indicação da pressão/temperatura | ✓ | |
| 5 | 15 | Cilindro de recolhimento de fluido frigorífico de 30 libras (14 kg) com duas válvulas para acesso. Aprovação DOT ou ADR P200 | ✓ | |
| 6 | 1 | Analisador de fluidos frigoríficos, portátil, alimentado à bateria, com impressora, para CFCs, HCFC, HFC inclusive os "blends" mais populares (R-404A, R-407C, R-507A, R-410A) e hidrocarboneto | ✓ | |
| 7 | 1 | Identificador do fluido frigorífico, apenas HCFC R-22 | ✓ | |
| 8 | 10 | Refrigeradores / freezers de aproximadamente 160 l, de diversos tipos | ✓ | |
| 9 | 2 | Refrigeradores verticais de bebidas de aproximadamente 110 l | | ✓ |
| 10 | 2 | Recipiente de água gelada | ✓ | |
| 11 | 2 | Unidades "split" de ar condicionado (HCFC R-22) de aproximadamente 10.000 BTU/h (3 kW) | ✓ | |
| 12 | 2 | Unidade condensadora com compressor hermético | | ✓ |
| 13 | 1 | Expositor (vertical) refrigerado para bebidas de aproximadamente 500 l | | ✓ |
| 14 | 1 | Compressor de A/C automotivo, recíproco, de palheta, rotativo e axial (um de cada) | | ✓ |
| 15 | 1 | Freezer vertical (com descongelamento automático, no-frost) de aproximadamente 250 l | | ✓ |
| | | | | |

| Descrição das ferramentas e dos equipamentos | |
|---|---|
| **Figura** | **Especificações Técnicas** |
| | Conjunto de 4 (quatro) alicates isolados: universal de 180 mm, de ponta longa de 160 mm, de corte de 180 mm, descascador de fio de 160 mm. Mandíbulas de aproximadamente 50 mm, aço cromo-vanádio, Normas GS VDE – EN 60900, isolados e testados a 1000 VCA. |
| | Teste de tensão de dois pinos (da rede elétrica), visor óptico, LEDs, capacidade de medição de – 400 V de CA/CC, 1.000 VAC, IP54. |
| | Conjunto de 7 chaves para aperto/desaperto de parafusos, acabamento ergonômico, isoladas; de fenda de 2.5 x 75 mm / 4 x 100 mm / 5.5 x 125 mm; Phillips PH1 e PH2; estrela PZ1 e PZ2; aço cromo-vanádio; GS VDE – EN 60900, isoladas e testadas a 1000 VCA. |
| | Alicate Amperímetro, digital, 400 A - AC, 600 (V) CA, 600 (V) CC, resistência de 20 MΩ, capacidade de 0-50 µF, LCD, precisão da corrente de +/-1.8% + 0.6 A AC, incluindo sondas, estojo, bateria e instruções. |
| | Conjunto de 3 (três) chaves inglesas: 200 mm (8"), 250 mm (10") e 300 mm (12"), aço cromo-vanádio, acabamento cromado. |
| | Alicate de pressão de 5 mm a 16 mm, com alavanca de liberação embutida e parafuso de regulagem. Aço temperado com acabamento niquelado visando durabilidade máxima. |
| | Alicate perfurador; regulável, de 1/4"- 6 mm, com dois pinos perfuradores e duas gaxetas sobressalentes. Aço temperado com acabamento niquelado visando durabilidade máxima. |

| Descrição das ferramentas e dos equipamentos | |
|---|---|
| **Figura** | **Especificações Técnicas** |
| | Alicate lacrador, regulável de 6 mm a 12mm. Aço temperado com acabamento niquelado visando durabilidade máxima. |
| | Cortador de tubos capilares para todos os diâmetros de tubos. |
| | Conjunto de 7 (sete) chaves Allen; tamanhos 2,5 / 3 / 4 / 5 / 6 / 8 e 10 mm, aço cromo-vanádio. |
| | Chave catraca: 1/4" x 3/8" e 3/16" x 5/16", feita de aço-vanádio. |
| | Válvula perfuradora para tubos de cobre de 6 a 10 mm de diâmetro. Para conexão da mangueira de transferência do fluido frigorífico, 1/4" SAE. |
| | Conjunto de 2 (dois) cortadores de tubos, diâmetro externo de 3 a 16 mm e 7 a 41 mm. Cortador grande com escareador e lâmina sobressalente. |
|  | Flangeador excêntrico de tubos de 8 mm, completo, com base resistente. |
| | Conjunto expansor completo com alicate expansor e 7 (sete) cabeças, em caixa metálica para os tamanhos de 10, 12, 15,16, 18, 22 e 28 mm. |
| | Curvador de tubos, com sete cabeças diferentes, para tubos de cobre revenidos, com função especial de curvatura inversa. Conjunto completo em caixa de plástico, para tubos de até 22 mm de diâmetro. |

| Descrição das ferramentas e dos equipamentos | |
|---|---|
| **Figura** | **Especificações Técnicas** |
| | Curvador de tubo triplo (métrico) para tubos com diâmetro externo de 6 mm, 8 mm, 10 mm e curvaturas até 90°. |
| | Ferramenta de extração do núcleo da válvula Schrader sem perda do fluido frigorífico, de latão e com ponta magnética, uma conexão rosca macho de 1/4" SAE e uma conexão rosca fêmea de 1/4", equipada com válvula de esfera. |
| | Conjunto de 2 (duas) ferramentas de conexão rápida de tubos de processo, completas e prontas para serem usadas em tubos de 6 mm (1/4") de diâmetro, consistindo em adaptador de tubo com gaxeta, acoplamento rápido (Hansen) macho e fêmea, união para adaptação de mangueira de 1/4". |
| | Mangueira de fluido frigorífico reta / conector rápido / acoplador. |
| | Mangueira de fluido frigorífico em cotovelo / conector rápido / acoplador. |
| | Válvula de extração para extração de fluidos frigoríficos de garrafas de fluido frigorífico descartáveis (420 g). |
| | Termômetro digital de precisão e resposta rápida, para termopares e conexão simultânea de 2 (duas) sondas de encaixe. Tela LCD em duas linhas de quatro dígitos. Conexão das sondas em dois conectores de pinos planos. Variação da temperatura de 0,01 %/K. Precisão de +/- 1 dígito (à temperatura nominal de 25 °C). Duas (2) sondas tipo K para medição desde -199 °C até +999°C, de acordo com a EN 60584. Botões tipo teclas de membrana. Alimentação por bateria de 9 V. |

| Descrição das ferramentas e dos equipamentos | |
|---|---|
| **Figura** | **Especificações Técnicas** |
| | Detector de vazamento eletrônico para fluidos frigoríficos HC, com sonda flexível de no mínimo 30 cm e alarme visual e sonoro. Sensibilidade de menos de 50 ppm de propano, isobutano e metano. Tempo de resposta de 5 segundos. Temperatura operacional: 0 °C a 50 °C, fornecido com sondas sobressalentes e estojo resistente. |
| | Detector de vazamento eletrônico com sonda flexível de no mínimo 30 cm e alarme visual e sonoro. Sensibilidade variável a fluidos frigoríficos CFC, HFC, HCFC e "blends", indicação de vazamentos de 3 g/ano (1/10 oz), e indicação de vazamento visível e sonora. Completo, com sondas sobressalentes e estojo resistente. |
| | Balança eletrônica projetada para carga de fluido e recolhimento. Capacidade de 50 kg, resolução de 5 g, precisão de 0,5% da leitura, em kg e libras. Função de zeragem, alimentada por bateria e com indicação de bateria fraca. Maleta resistente. Certificado CE. |
| | Balança eletrônica para fluidos frigoríficos HC. Faixa de medição de 0-2.000 g, precisão de 1 g, alimentada à bateria, indicações digitais. Equipada com apoio para garrafa de fluido frigorífico. |
| | Unidade de brasagem completa, contendo um cilindro de oxigênio de 2 l e um cilindro de propano (GLP) de 0,425 kg. Conjunto completo incluindo válvulas, válvulas de segurança, manômetros, regulador de pressão constante, mangueiras de 3m, tocha e ponteiros tamanhos 2 e 3, de acordo com a EN 962, completo com estrutura de transporte. |
| | Conjuntos de manifolds com manômetro e quatro válvulas, (3 conexões de 1/4" e 1 de 3/8"), a prova de vibração, indicações em bar, manômetros de 68 mm de diâmetro com escala para HC R600a e um vacuômetro de 0-1000 mbar, ponteiro e válvula de segurança. |

| Descrição das ferramentas e dos equipamentos | |
|---|---|
| **Figura** | **Especificações Técnicas** |
| | Conjuntos de manifolds com manômetro e duas válvulas (3 conexões de 1/4" e 1 de 3/8"), à prova de vibração, indicação em bar, manômetros de 80 mm de diâmetro com escala para R22, R134a, R404A e R407C, incluindo 3 mangueiras de transferência do fluido frigorífico de 90 cm (vermelha, azul e amarela), com válvulas de esfera e uma mangueira padrão de 3/8" (bomba de vácuo) e dois cotovelos fêmea de 3/8"; incluindo estojo. Manômetros para fluidos frigoríficos HC R-290 e R-600a. |
| | Conjuntos de manifolds com manômetro para (3 conexões de 1/4" e 1 de 3/8"), com manômetros à prova de vibração para leitura constante, indicação em bar, manômetros de 80 mm de diâmetro com escala para R22, R134a, R404A e R407C, manômetro 0-1.000 mbar, ponto de tocha e válvula de segurança, incluindo 3 mangueiras de transferência do fluido frigorífico de 90 cm (vermelha, azul e amarela), com válvulas de esfera e uma mangueira padrão de 3/8" (bomba de vácuo) e dois cotovelos fêmea de 3/8"; incluindo mala para transporte. |
| | Mangueiras para fluidos frigoríficos com válvulas de esfera nas extremidades. Nas cores vermelha, azul e amarela. Conexões de 1/4" SAE. Pressão operacional de aproximadamente 60 bar (870 PSI). Mangueiras de 90 cm (36"), 150 cm (60") e 180 cm (72") de comprimento. (Lado da válvula de esfera com núcleo depressor.) |
| | Mangueira grande de 3/8" de diâmetro com conexão reforçada (heavy-duty) para bomba de vácuo. Escolher a mangueira com o menor comprimento possível para a bomba de vácuo e com conexão de manômetro para o manifold. |
| | Vacuômetro digital, resolução de 1 mícron. Leitura do vácuo em 7 unidades: microns, PSI, polegadas de mercúrio (inHg), mbar, Pascal, Torr, mTorr. Porta de limpeza para limpar o sensor. Precisão de ± 10 microns entre 100 e 1.000 microns. Protegido contra alta pressão de até 20 bar. |

| Descrição das ferramentas e dos equipamentos | |
|---|---|
| **Figura** | **Especificações Técnicas** |
| | Bomba de vácuo rotativa de dois estágios com vacuômetro de ø 80 mm e ponteiro regulável, válvula solenoide para impedir a entrada de ar quando desligada; volume mínimo de 70 l/min (2,5 cfm); vácuo final de 15 microns; indicador do nível do óleo com possibilidade de troca rápida; funcionamento normal e eficiente a temperaturas ambientes e condições de umidade elevadas e possibilidade de acionamento com vácuo abaixo de 5 mbar, motor de 230 V, 50/60 Hz; mangueiras de conexão de 1/4" e 3/8" NPT. Incluindo 2 l de óleo reserva para a bomba de vácuo. |
| | Estação para carga de fluido portátil para R-600a e "blends" de HC; bomba de vácuo de dois estágios, deslocamento mínimo de 35 l/min (1,25 cfm), ajuste de pressão de fábrica de 15 microns; balança eletrônica para carga de fluido de 0 a 2.000 g e precisão de 1 g; manômetro com 80 mm de diâmetro com ponteiro; manômetro conjugado de Ø 68 mm, –1 a +3 bar. |
| | Manômetro com escala de temperatura para R-600a; manômetro conjugado de Ø 68 mm, –1 a +10 bar, com escala de temperatura para R134a e R12; dispositivo para carga de líquido de R-600a e "blends" de HC; válvula para extração do fluido frigorífico; todas as mangueiras necessárias, incluindo uma mangueira especial de 5 m e diâmetro interno mínimo de 15 mm, para impedir a liberação de R-600a na área de trabalho; adaptador para conexão para a bomba de vácuo; o gás deverá ser levado até o exterior por esta mangueira, por motivo de segurança. Incluindo 2 l de óleo de reserva para a bomba de vácuo. |
| | Conjunto para carga de fluido frigorífico HC de alumínio e portátil, para carga de fluido com precisão em sistemas de refrigeração e ar condicionado, para cargas de até 5 kg e consistindo de: escala digital, dois acoplamentos rápidos, válvula de extração, mangueira de recolhimento de PVC com 5 m, duas mangueiras de PVC com 1,1 m para carga de fluido, válvula de esfera, e adaptador para cilindro de armazenamento de fluido frigorífico. Peso de 5,2 kg. |

| Descrição das ferramentas e dos equipamentos | |
|---|---|
| **Figura** | **Especificações Técnicas** |
| | Cilindro de recolhimento de fluido frigorífico com possibilidade de ser reabastecido, equipado com válvula dupla párea transferência de fluido frigorífico líquido e vapor. Capacidade mínima (água) de 11,9 kg (26.2 libras). |
| | Atendendo à Norma DOT-4BA-400 ou ADR P200. |
| | Conjunto de cilindro de nitrogênio e regulador da pressão DIN EN ISO 2503; cilindro de 20 l e 300 bar, regulador de pressão de 315/200 bar; pressão de trabalho de 0-16/10 bar; entrada W24, 32x1/14" RH; saída G1/4" RH; adaptador para mangueira de fluido frigorífico de 1/4" NPT; mangueira com válvula de esfera e 150 cm de comprimento. |
| | Fluido frigorífico R-600a em garrafa com carga de pelo menos 400 g e pureza ≥ 99.5%. |
| | Mistura ("Blend") de fluidos frigoríficos HC (50% de R-600a / 50% de R-290) em garrafa com carga mínima de pelo menos 150 g, pressão e temperatura termodinâmica semelhantes às do CFC R-12, pureza de ≥ 99,5%. |

# ANEXO 7: CONTEÚDO DAS NORMAS PARA TREINAMENTO TÉCNICO

## Introdução

Este anexo contém informações relativas ao conjunto de qualificações dos técnicos que trabalham com qualquer tipo de sistemas de refrigeração, até certo ponto. O documento foi elaborado pela "European Association of National Air Conditioning" e pela "Refrigeration Contractor Associations (AREA)"[45]. A AREA é uma organização europeia de empresas de ar-condicionado, refrigeração e bombas de calor e foi fundada em 1988. A AREA representa os interesses de 23 entidades nacionais de 20 países europeus, representando mais de 9.000 empresas (principalmente pequenas e médias) de toda a Europa, que empregam aproximadamente 125.000 pessoas e têm um movimento financeiro anual de aproximadamente € 20 bilhões.

## Classificação dos assuntos relacionados aos especialistas de refrigeração da AREA (ARC – "AREA refrigeration craftsman/craftswomen")

| DESCRIÇÃO GERAL DO CARGO DE ESPECIALISTA DE REFRIGERAÇÃO DA AREA "ARC" | |
|---|---|
| **Local de trabalho** | O ARC trabalha em diferentes locais como, por exemplo, a oficina da sua empresa, canteiros de obras, lojas, fábricas e áreas industriais. Porém o tipo de instalação e os equipamentos com o qual ele trabalha bem como a complexidade do projeto podem variar dependendo da necessidade do cliente final.<br>A maioria dos ARCs trabalha em pequenas (3-10 pessoas) e médias (11-50 pessoas) empreiteiras de refrigeração. Estas empresas prestam serviços de instalação, venda, manutenção, reparo, inspeção e redimensionamento de sistemas já existentes. Os subsetores onde eles desempenham a maioria das atividades são primordialmente refrigeração comercial, refrigeração industrial e ar condicionado. As atividades em transporte refrigerado, refrigeração de processos (em indústrias) e ar condicionado móvel também são realizadas, embora com menor frequência.<br>Além dos sistemas de refrigeração, essas empresas também trabalham em instalações de tratamento de ar e instalações eletrotécnicas, geralmente em âmbito nacional, mas ocasionalmente regional ou internacionalmente.<br>Uma quantidade considerável de empreiteiras de refrigeração faz parte das associações nacionais da AREA.<br>Os clientes normais são varejistas, atacadistas, armazéns refrigerados, indústrias de alimentos, indústrias médicas/farmacêuticas, agronegócios, indústrias de fabricação e construtoras ou operadoras de prédios comerciais. |
| **Atividades de trabalho** | Baseado em instruções de trabalho, o ARC planeja, prepara e realiza a montagem de todos os componentes dos sistemas de refrigeração, serviços quais são consequentemente comissionados e colocados em operação. Ele também realiza manutenção, inspeção, análise e reparos nos sistemas de refrigeração quando ocorre um problema, e sempre controla seu próprio trabalho registrando as tarefas no livro de registro da instalação em questão e respeitando as exigências relacionadas ao ambiente, qualidade, segurança e eficiência energética. Além disso, ele também se envolve com a vida útil dos equipamentos. |
| **Responsabilidades** | O ARC é responsável pela preparação e execução das próprias tarefas, de acordo com as instruções de trabalho que recebeu. Ele não é responsável pelo trabalho de outras pessoas além dos seus assistentes. |
| **DESCRIÇÃO GERAL DO CARGO DE ESPECIALISTA DE REFRIGERAÇÃO DA AREA "ARC"** | DESCRIÇÃO GERAL DO CARGO DE ESPECIALISTA DE REFRIGERAÇÃO DA AREA "ARC". |

45 Mais informações podem ser encontradas em www.area-eur.be.

| DESCRIÇÃO GERAL DO CARGO DE ESPECIALISTA DE REFRIGERAÇÃO DA AREA "ARC" | |
|---|---|
| **Atitude profissional** | Espera-se que o ARC tenha certa independência. Ele sempre recebe suas instruções de trabalho do seu supervisor, mas, na maior parte do tempo, está sozinho no cliente e ele deve executar suas tarefas independentemente de outras pessoas.<br>Além disso, o ARC precisa ter senso de responsabilidade. Ele precisa se empenhar para busca alta qualidade no que faz e deve estar permanentemente consciente da importância de cumprir as exigências ambientais e de segurança.<br>Tradicionalmente, o ARC precisa ter uma atitude orientada para o serviço, principalmente quando tem que explicar a evolução do trabalho ao cliente ou tem que informar também ao cliente o melhor procedimento de trabalho possível, de forma a não interferir nas operações desse cliente. |
| **TENDÊNCIAS** | |
| **Mudanças no mercado** | Visando evitar um aumento da carga de fluido frigorífico em um sistema de refrigeração, são utilizados cada vez mais sistemas em cascata e indiretos. A utilização de fluidos frigoríficos ambientalmente corretos está sendo pesquisada, mas há alguns problemas de segurança relacionados ao uso dessas tecnologias.<br>O ARC deverá estar cada vez mais preparado e atualizado, pois há uma crescente diversificação dos serviços prestados aos clientes, por exemplo, a oferta de manutenção específica e contratos de serviço permitindo aos clientes se concentram em suas atividades essenciais.<br>A indústria está tentando solucionar a recorrente escassez de pessoal qualificado na maioria dos países.<br>Existem frequentes fusões de empreiteiras de refrigeração.<br>Globalização: consulte o tópico abaixo "Relações comerciais entre países europeus". |
| **Regulamentos** | Existe um número cada vez maior de novas regras relativas à segurança, saúde, proteção ao consumidor e regulamentação ambiental, principalmente na legislação europeia; mas também há regras relacionadas à qualidade, manutenção e certificação (e.g. PED, EN 378 e os regulamentos "F-gas").<br>Essas exigências de segurança estão relacionadas aos fluidos frigoríficos e às instalações.<br>A preocupação com a durabilidade dos produtos é atualmente uma tendência bem estabelecida e bem sustentada. |
| **Evolução técnica e tecnológica** | A utilização de amônia como fluido frigorífico está aumentando, comparativamente aos gases fluorados "F-gas". Isso levará a mudanças nas orientações relacionadas ao meio ambiente e segurança (por exemplo, certificação e outras exigências relacionadas ao regulamento sobre os gases fluorados "F-gas").<br>Há um crescimento no uso de instalações de refrigeração com sistemas de expansão indireta, proporcionando uma redução no uso de fluido frigorífico através do uso de calor secundários. Isso influencia no desenho, na montagem e na manutenção dos sistemas.<br>Unidades mais padronizadas e os componentes pré-facilitarão as atividades relacionadas a montagem.<br>As técnicas de solda e conexão estão evoluindo, com mais soldas TIG.<br>Também há um evolução no campo da medição e técnicas de controle, portanto há uma redução no uso de componentes elétricos e pneumáticos e um crescimento no uso de componentes eletrônicos e mecânicos.<br>Os equipamentos estão melhores, maiores e mais sofisticados, os componentes estão mais precisos, os dispositivos de identificação de falhas, registros de dados digitais e novos meios de comunicação estão sendo usados com mais frequência nos equipamentos e instalações. |
| **Mudanças organizacionais e administrativas** | Mais regulamentos significam mais trabalho e procedimentos administrativos. O ARC tem mais assuntos que devem ser reportados e o escritório da empresa tem que trabalhar mais para atender os procedimentos e agir em função dos relatórios do ARC. |

| DESCRIÇÃO GERAL DO CARGO DE ESPECIALISTA DE REFRIGERAÇÃO DA AREA "ARC" | |
|---|---|
| **Relações comerciais entre os países europeus** | O reconhecimento mútuo e a livre movimentação de mercadorias aumentam as atividades nas fronteiras.<br>A legislação europeia deve se adaptar a esta situação para proporcionar uma boa operação entre o mercado interno. |

| ATIVIDADES ESSENCIAIS DO ARC | |
|---|---|
| **1** | PRÉ-MONTAGEM DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO |
| **2** | INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO |
| **3** | RELATÓRIOS, VERIFICAÇÕES E ADMINISTRAÇÃO TÉCNICA |
| **4** | COMISSIONAMENTO |
| **5** | MONITORAMENTO E INSPEÇÃO |
| **6** | IDENTIFICAÇÃO DE FALHAS E REPAROS |
| **7** | DESMONTAGEM DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO |

| ATIVIDADES ESSENCIAIS 1 – PRÉ-MONTAGEM DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO | |
|---|---|
| **Processo** | O ARC deve coletar as instruções, a relação de materiais e os desenhos da parte da instalação que deve ser pré-montada. Ele deve conferir os materiais, equipamentos e ferramentas necessárias e também deve certificar-se de que nenhum tipo de sujeira ou umidade irá penetrar nos componentes durante a pré-montagem. |
| **Funções e responsabilidades** | O ARC deve montar os sistemas de refrigeração e eletromecânico de forma independente e deve seguir as instruções de trabalho recebidas. Este trabalho é realizado mais frequentemente na oficina da sua empresa ou no lugar onde o cliente está localizado, e sob a supervisão de um gerente. |
| **Complexidade** | Ao realizar este trabalho fundamental, o ARC deve seguir as instruções de trabalho referentes a diversas atividades recorrentes como, por exemplo, a instalação elétrica e a brasagem das tubulações dos sistemas. |
| **Envolvimento** | O ARC geralmente trabalha junto com assistentes, supervisores e outros colegas. |
| **Recursos** | Para trabalhar adequadamente, o ARC precisa de ferramentas e equipamentos como bancada de trabalho, dispositivos para curvar tubos, e materiais para realizar a brasagem. |
| **Qualidade do processo e resultados** | O ARC tem que concluir o trabalho dentro do prazo, de acordo com as instruções de trabalho e seguir os procedimentos legais, e também tem que preencher a documentação de registro e administrativa. |
| **Escolhas e dilemas** | O ARC deve considerar que:<br>Ele não terá uma visão geral da localização final e nem de como os componentes pré-fabricados serão montados na instalação, portanto ele deverá prever que;<br>Um colega poderá a qualquer momento assumir seu trabalho;<br>E esse colega deverá conseguir instalar os componentes pré-montados no local até o final da instalação. |

| ATIVIDADES ESSENCIAIS 2 – INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO | |
|---|---|
| **Processo** | O ARC deve realizar a instalação de refrigeração e/ou ar condicionado de acordo com as orientações da empresa, com as instruções de trabalho e com os desenhos e diagramas do projeto. Estes procedimentos estão relacionados a um sistema de refrigeração (compressor, condensador, válvula de expansão, um ou dois evaporadores, componentes específicos, etc.). Os materiais constam em uma relação que especifica os principais componentes, tubos de cobre ou outros materiais, cabeamento e dispositivos elétricos, ferramentas e materiais de isolamento flexíveis. Parte dos materiais necessários deve estar na sua caminhonete de trabalho. Primeiramente, ele deve conferir a quantidade de materiais existentes na caminhonete e informar ao cliente sobre o trabalho que será realizado e sobre a interferência que isso poderá causar nas operações do cliente. Portanto o ARC sempre deverá considerar as operações do cliente, quando planejar seu trabalho. |
| **Funções e responsabilidades** | O ARC é responsável pela:<br>Boa comunicação com o cliente;<br>Qualidade do seu trabalho e do trabalho de seus assistentes;<br>Concluir a tarefa dentro do prazo;<br>A melhor instalação possível ("estado da arte") de todos os componentes do sistema de refrigeração. |
| **Complexidade** | O ARC deve considerar tanto os interesses da sua própria empresa como os interesses da empresa do cliente. Durante seu trabalho, ele deve atender aos aspectos de segurança e ambientais da instalação e da empresa do cliente. Ele deve adaptar seu trabalho às circunstâncias do local. |
| **Envolvimento** | O ARC geralmente trabalha com um assistente, além de também estar envolvido com a organização do cliente, com os funcionários das empresas subcontratadas e com outros funcionários que executam outras tarefas para o cliente. |
| **Recursos** | O ARC deve utilizar as ferramentas disponibilizadas pela empresa que ele trabalha ou deve utilizar as ferramentas que ele mesmo alugou. |
| **Qualidade do processo e resultado** | Espera-se que o ARC entregue a instalação em ordem e funcionando conforme foi planejada, dentro do prazo previsto, e de forma que a instalação possa atender às finalidades do cliente. |
| **Escolhas e dilemas** | O ARC deve trabalhar de acordo com as premissas da empresa do cliente, nas quais as circunstâncias podem ser diferentes e podem ocorrer alterações imprevistas. Isso pode influenciar a qualidade e a data de entrega prevista e o ARC terá que reagir adequadamente. Ele tem que considerar constantemente os interesses do cliente e os interesses da sua empresa, e quando os interesses entrarem em conflito, ele terá que informar a parte envolvida sem causar prejuízos comerciais. |

| ATIVIDADES ESSENCIAIS 3 – RELATÓRIOS, VERIFICAÇÕES E ADMINISTRAÇÃO TÉCNICA | |
|---|---|
| **Processo** | O ARC sempre deverá respeitar a legislação referente ao meio ambiente, à segurança e à saúde, principalmente após o comissionamento de uma instalação. A instalação deve ser entregue como um produto seguro, confiável e eficiente, conforme as exigências da norma EC "Machinery Directive". Ele deve trabalhar com diversos tipos de fluidos frigoríficos e cada fluido tem suas próprias restrições de segurança e ambientais, tanto nacionais quanto internacionais. O ARC tem um papel fundamental com grande influência sobre o resultado final do produto ou serviço fornecido. |
| **Funções e responsabilidades** | O ARC é responsável pela montagem correta dos componentes e principalmente das válvulas, de acordo com as orientações da empresa e as instruções técnicas dos equipamentos instalados. Ele é responsável pelo próprio trabalho e pelo trabalho do(s) seu(s) assistente(s). Ele deve dedicar uma atenção especial em relação à soldagem e brasagem das tubulações e das conexões. |
| **Complexidade** | Considerando que o ARC poderá trabalhar em locais diferentes, ele deverá ser capaz de realizar seu trabalho em diferentes circunstâncias. |
| **Envolvimento** | O ARC geralmente trabalha com um assistente, além de também estar envolvido com a organização do cliente, com os funcionários das empresas subcontratadas e com outros funcionários que executam outras tarefas para o cliente. |
| **Recursos** | O ARC deve receber da empresa que o contratou o manual e as instruções de trabalho, e essa empresa é responsável pela qualificação pessoal e certificação do ARC. |
| **Qualidade do processo e resultado** | Espera-se que o ARC tenha conhecimento do conteúdo das instruções e orientações relacionadas ao trabalho que ele deve realizar, e ele tenha também os conhecimentos correspondentes ao seu certificado pessoal. |
| **Escolhas e dilemas** | O ARC pode enfrentar situações de conflito entre os interesses da sua empresa, o posicionamento da empresa do cliente e as limitações regulatórias. |

| ATIVIDADES ESSENCIAIS 4 – COMISSIONAMENTO | |
|---|---|
| **Processo** | A instalação é comissionada no local da empresa do cliente. Durante a instalação, as exigências da Diretiva de Equipamentos sob Pressão deverão ser respeitadas. O ARC analisa os seguintes itens dos sistemas de refrigeração:<br>Alimentação elétrica e controle elétrico do processo;<br>Identificação dos vazamentos através de um teste de pressão;<br>Evacuação do sistema e medição do nível de vácuo para certificar-se que toda umidade foi removida.<br>O ARC deve trabalhar de acordo com os regulamentos correspondentes e registrar todos os dados em um protocolo.<br>O ARC deve realizar a carga de fluido frigorífico no sistema e realizar um segundo teste de vazamento nesse sistema.<br>Ele deve colocar o sistema de refrigeração em funcionamento, de acordo com as condições do projeto.<br>Ele deve anotar todos os dados e números no livro de registro do sistema.<br>O ARC deve elaborar um relatório para o cliente e também para sua própria, e finalmente ele deve redigir um protocolo de entrega. |
| **Funções e responsabilidades** | O ARC é responsável pelo funcionamento do sistema de refrigeração, de acordo com as condições do projeto. Ele garante que todos os procedimentos legais e da empresa serão respeitados no processo de partida do sistema. |
| **Complexidade** | O ARC deve considerar que ele trabalha sob a gestão da sua empresa, embora no local da empresa do cliente. O sistema de refrigeração em alguns casos faz parte de todo um processo de produção do cliente, portanto ele só é responsável pelo sistema de refrigeração, contudo ele depende desse processo de produção. |
| **Envolvimento** | O ARC deve trabalhar em conjunto com os supervisores de outras empresas que trabalham para o mesmo cliente e no mesmo local. |
| **Recursos** | Para realizar seu trabalho o ARC deve receber da sua empresa as suas ferramentas e seus equipamentos. |
| **Qualidade do processo e resultado** | Espera-se que o ARC entregue a instalação de acordo com as especificações do projeto e no prazo determinado, de forma que a instalação possa contribuir para atingir as metas do cliente. |
| **Escolhas e dilemas** | O ARC deve trabalhar na empresa do cliente; onde as circunstâncias podem ser diferentes e podem ocorrer alterações imprevistas, logo isso pode influenciar a qualidade e a data de entrega prevista. O ARC sempre deve ponderar os interesses do cliente e os interesses da sua empresa. Quando os interesses entrarem em conflito, ele terá que informar a parte envolvida para evitar prejuízos comerciais. |

| ATIVIDADES ESSENCIAIS 5 – MONITORAMENTO E INSPEÇÃO | |
|---|---|
| **Processo** | O ARC pode ser solicitado pelo cliente para verificar se os sistemas de refrigeração estão funcionando de acordo com as condições do projeto. Ele também deve verificar se tudo está de acordo com a segurança e com os regulamentos ambientais. O ARC precisa redigir um relatório incluindo suas constatações e conclusões e, se for necessário, informar o que o cliente precisa fazer para deixar o sistema de refrigeração em boas condições de funcionamento. Uma cópia desse relatório deve ser encaminhada para a empresa instaladora. |
| **Funções e responsabilidades** | O ARC é responsável por verificar se o sistema de refrigeração está operando de acordo com as normas correspondentes e, principalmente ele também deve certificar-se que não há nenhum vazamento no sistema. O ARC é responsável pelo conteúdo de seu relatório e por suas conclusões. |
| **Complexidade** | O ARC tem contato direto com o cliente, portanto ele deve compreender a relação comercial e contratual entre sua empresa e a empresa do cliente, e as consequências dessa relação, mas deve cumprir sua tarefa independentemente e considerar apenas os números reais e as observações baseadas em fatos. |
| **Envolvimento** | O ARC tem que executar seu trabalho por meio de uma boa cooperação com a pessoa responsável que faz parte da empresa do cliente. |
| **Recursos** | Para realizar seu trabalho o ARC deve receber da sua empresa as suas ferramentas e seus equipamentos. |
| **Qualidade do processo e resultado** | O ARC tem que executar seu trabalho enquanto a instalação está funcionando, sem interromper o funcionamento contínuo das operações do cliente. O resultado deve proporcionar ao cliente um sistema de refrigeração confiável e funcionando adequadamente no futuro, de forma que a instalação possa contribuir para as finalidades do cliente. |
| **Escolhas e dilemas** | Geralmente o ARC deve executar seu trabalho no momento em que o sistema de refrigeração estiver funcionado e não deve interromper o processo do cliente, mas isso nem sempre é possível, portanto o ARC tem que combinar suas condições de trabalho com o cliente, de forma que possa trabalhar de forma profissional e conforme o planejado. Quando o ARC identificar um problema, ele deve negociar a melhor solução, tendo em mente a relação comercial entre o cliente e sua empresa. |

| ATIVIDADES ESSENCIAIS 6 – IDENTIFICAÇÃO DE FALHAS E REPAROS | |
|---|---|
| **Processo** | O ARC é solicitado pelo cliente, para procurar e encontrar as falhas e reparar as partes ou componentes do sistema de refrigeração, uma vez que o mesmo não está funcionando de acordo com as condições do projeto ou os regulamentos ambientais e de segurança. O ARC dever reparar o sistema da maneira mais rápida possível e com segurança. O ARC tem que elaborar um relatório explicando os resultados do seu trabalho e, se for necessário, informar o que o cliente deverá fazer para manter o sistema de refrigeração em boas condições no futuro. Uma cópia desse relatório deve ser enviada para a empresa instaladora. |
| **Funções e responsabilidades** | O ARC é responsável pelos resultados da identificação das falhas e pelos reparos das falhas do sistema de refrigeração, de acordo com as informações recebidas, e também por certificar-se que não existe nenhum vazamento após o reparo, principalmente nas partes ou nos componentes reparados ou substituídos. Ele é responsável pelo conteúdo do seu relatório. |
| **Complexidade** | O ARC tem contato direto com o cliente e pode sentir alguma pressão decorrente da relação comercial entre sua empresa e o cliente, mas tem que cumprir sua tarefa tão rapidamente quanto for possível e respeitar as orientações legais e regulatórias. |
| **Envolvimento** | O ARC deve executar seu trabalho dentro do espírito de cooperação e se entender com a pessoa responsável que faz parte da empresa do cliente. |
| **Recursos** | Para realizar seu trabalho o ARC deve receber da sua empresa as suas ferramentas e seus equipamentos. |
| **Qualidade do processo e resultado** | Normalmente, o ARC tem que trabalhar durante o tempo que a instalação está funcionando, e não deve interromper o funcionamento contínuo das operações do cliente. Embora isso não seja possível na maioria das vezes, portanto ele tem que encontrar uma forma de minimizar o tempo produtivo que será perdido durante a intervenção. O resultado deve proporcionar ao cliente um sistema de refrigeração confiável e funcionando adequadamente no futuro, de forma que a instalação possa contribuir para atingir as metas do cliente. |
| **Escolhas e dilemas** | A maior dificuldade é trabalhar durante o tempo que a instalação está funcionando, portanto, o ARC tem que realizar seu trabalho profissionalmente e rapidamente. Quando o ARC constata que não é viável manter o sistema de refrigeração funcionando, ele tem que negociar com o cliente a melhor solução possível, mesmo que ela ocasione um conflito na relação comercial entre o cliente e sua empresa. |

| ATIVIDADES ESSENCIAIS 7 – DESMONTAGEM DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO | |
|---|---|
| **Processo** | Antes da desmontagem, o ARC deve recolher todo o fluido frigorífico e enviá-lo para uma unidade de tratamento de acordo com o regulamento correspondente. O ARC deve elaborar os relatórios necessários e entregar uma cópia à sua empresa, de forma que ela possa registrar que o sistema de refrigeração não está em funcionamento e que o fluido frigorífico recolhido foi devidamente encaminhado. |
| **Funções e responsabilidades** | O ARC é responsável pela desmontagem correta dos componentes e válvulas, de acordo com as orientações da empresa e as instruções relativas aos equipamentos. Ele é responsável pelo próprio trabalho e pelo trabalho do seu assistente. O mais importante é retirar todo o fluido frigorífico do sistema de refrigeração com segurança. |
| **Complexidade** | Considerando que o ARC trabalha em locais diferentes, ele deverá ser capaz de realizar seu trabalho em diferentes circunstâncias, principalmente nestes casos nos quais na maioria das vezes não há nenhuma vantagem comercial e quando o sistema de refrigeração está geralmente em condições deficientes. |
| **Envolvimento** | O ARC deve executar seu trabalho com boa cooperação e deve se entender com a pessoa responsável que faz parte da empresa do cliente, tendo em mente que existe um interesse comercial. |
| **Recursos** | Para realizar seu trabalho o ARC deve receber da sua empresa as suas ferramentas, equipamentos e cilindros de reciclagem. |
| **Qualidade do processo e resultado** | Espera-se que o ARC tenha conhecimento das instruções e orientações sobre seu trabalho e que também tenha os conhecimentos correspondentes aos seus certificados. Quando ele desmontar o sistema de refrigeração ele deverá garantir que não haverá poluição ambiental decorrente de problemas da desmontagem. |
| **Escolhas e dilemas** | O ARC pode enfrentar situações de conflito entre a sua empresa, a empresa do cliente e a legislação correspondente, devido á ausência de interesse comercial e à dificuldade de operar um sistema em más condições. |

Descrição detalhada das competências do ARC

| Competência Profissional | | Atividades principais | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1.1 Termodinâmica Básica**<br>**Descrição**<br>O ARC deve ser capaz de dar uma explicação teórica sobre os princípios básicos do sistema de refrigeração por compressão | | Pré-montagem | Instalação | Relatórios Técnicos | Comissionamento | Monitoramento | Identificação de falhas | Desmontagem | **Para as autoridades nacionais certificarem a qualificação, elas devem garantir que os principais regulamentos europeus e nacionais, e as principais diretrizes e normas mencionadas abaixo sejam atendidos:** |
| **Critérios de Sucesso** | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | |
| 1.1.1 | Conhecer as unidades básicas da norma ISO para temperatura, pressão, massa, densidade e energia | | | X | X | X | X | | EN 13313 |
| 1.1.2 | Entender os termos básicos de refrigeração como: Superaquecimento, lado de alta, sistema de compressão, entalpia, efeito de refrigeração, lado de baixa, sub-resfriamento, título da mistura líquido-vapor e vapor saturado | | | X | X | X | X | | EN 13313 |
| 1.1.3 | Entender os significados das linhas de um gráfico P/h (em escala logarítmica) de um fluido frigorífico | | | X | X | X | X | | EN 13313 |
| 1.1.4 | Utilizar as tabelas de saturação de um fluido frigorífico | | | X | X | X | X | | EN 13313 |
| 1.1.5 | Desenhar um esquema de um ciclo básico de refrigeração por compressão | | | X | X | X | X | | EN 13313 |
| 1.1.6 | Descrever o funcionamento e as funções dos principais componentes usados em um sistema de refrigeração, como compressor, condensador, válvula de expansão e evaporador | X | X | X | X | X | X | | EN 13313 |
| 1.1.7 | Descrever a operação e função dos seguintes componentes utilizados em sistemas de refrigeração: | | | | | | | | |
| 1.1.8 | - Válvulas (válvulas de esfera, diafragmas, válvulas globo e válvulas de alívio) | X | X | X | X | X | X | | EN 13313 |
| 1.1.9 | - Controles de Temperatura e Pressão | X | X | X | X | X | X | | EN 13313 |
| 1.1.10 | - Visores e Indicadores de Umidade | X | X | X | X | X | X | | EN 13313 |
| 1.1.11 | - Controles de degelo | X | X | X | X | X | X | | EN 13313 |
| 1.1.12 | - Protetores do Sistema | X | X | X | X | X | X | | EN 13313 |
| 1.1.13 | - Dispositivos de medição como um termômetro | | X | X | X | X | X | | EN 13313 |
| 1.1.14 | - Sistemas de controle de óleo | X | X | X | X | X | X | | EN 13313 |
| 1.1.15 | - Tanques de líquidos | X | X | X | | | | | EN 13313 |
| 1.1.16 | - Separadores de óleo e separadores de líquido | X | X | X | | | | | EN 13313 |
| **Resultados** | | | | | | | | | |
| O ARC explica para o cliente "como funciona um sistema de refrigeração". | | | | | | | | | |
| O ARC analisa a operação do sistema de refrigeração e relata sua conclusão em um relatório. | | | | | | | | | |

| Competência Profissional | | Atividades principais | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2.1 Componente: Compressor**<br>**Descrição**<br>A ARC deve ser capaz de instalar, colocar em funcionamento e realizar a manutenção de compressores de pistão, parafuso e scroll, tanto de um estágio como de duplo estágio com potência de alimentação de até 25 kW. | | Pré-montagem | Instalação | Relatórios Técnicos | Comissionamento | Monitoramento | Identificação de falhas | Desmontagem | **Para as autoridades nacionais certificarem a qualificação, elas devem garantir que os principais regulamentos europeus e nacionais, e as principais diretrizes e normas mencionadas abaixo sejam atendidos:** |
| **Critérios de Sucesso** | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | |
| 2.1.1 | Explicar a função do compressor no sistema | X | X | X | X | X | X | X | EN 13313 |
| 2.1.2 | Explicar o funcionamento do compressor | X | X | X | X | X | X | | EN 13313 |
| 2.1.3 | Explicar o sistema de lubrificação do compressor | | X | X | X | X | X | | EN 13313 |
| 2.1.4 | Explicar o controle de capacidade do compressor | | X | X | X | X | X | | EN 13313 |
| 2.1.5 | Instalar os diferentes tipos de compressores acima mencionados | X | X | | | | X | | prEN 378-2 art. 5.1 |
| 2.1.6 | Conectar os dispositivos de segurança e controle | X | X | | | | X | | prEN 378-2 art. 5.1 |
| 2.1.7 | Instalar a válvulas de sucção e de descarga | X | X | | | | X | | prEN 378-2 art. 5.1 |
| 2.1.8 | Instalar o sistema de retorno de óleo | X | X | | | | X | | prEN 378-2 art. 5.1 |
| 2.1.9 | Partir e parar esses tipos de compressores | | X | X | X | X | X | X | prEN 378-2 art. 6.3 |
| 2.1.10 | Fazer medições durante a operação do compressor | | X | X | X | X | X | | prEN 378-4 art. 5 |
| 2.1.11 | Verificar se o compressor está em bom estado de funcionamento | | X | X | X | X | X | | prEN 378-4 art. 5 |
| 2.1.12 | Elaborar relatórios sobre o estado do compressor | | X | X | X | X | X | | prEN 378-4 art. 4.3 |
| 2.1.13 | Decidir se o compressor necessita de reparos | | X | | X | X | X | | prEN 378-4 art. 4.3 |
| 2.1.14 | Decidir se o compressor necessita ser substituído | | | | X | X | X | | prEN 378-4 art. 4.3 |
| | | | | | | | | | |
| **Resultados** | | | | | | | | | |
| Um compressor funcionando perfeitamente contribui para um baixo consumo de energia e um desempenho confiável conforme planejado pelo cliente. | | | | | | | | | |

| Competência Profissional | | Atividades principais | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2.2 Componente: Condensador**<br>**Descrição**<br>A ARC deve ser capaz de instalar, colocar em funcionamento e realizar a manutenção de condensadores resfriados a ar e resfriados à água. | | Pré-montagem | Instalação | Relatórios Técnicos | Comissionamento | Monitoramento | Identificação de falhas | Desmontagem | **Para as autoridades nacionais certificarem a qualificação, elas devem garantir que os principais regulamentos europeus e nacionais, e as principais diretrizes e normas mencionadas abaixo sejam atendidos:** |
| **Critérios de Sucesso** | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | |
| 2.2.1 | Explicar a função do condensador no sistema | X | X | X | X | X | X | X | EN 13313 |
| 2.2.2 | Explicar o funcionamento do condensador | X | X | X | X | X | X | | EN 13313 |
| 2.2.3 | Ajustar o controle da pressão de descarga do condensador | | X | X | X | X | X | | EN 13313 |
| 2.2.4 | Instalar os tipos de condensadores mencionados acima | X | X | | | | X | | prEN 378-2 art. **5.1** |
| 2.2.5 | Conectar os dispositivos de segurança e controle | X | X | | | | X | | prEN 378-2 art. **5.1** |
| 2.2.6 | Instalar as linhas de descarga e de líquido na posição correta | X | X | | | | X | | prEN 378-2 art. **5.1** |
| 2.2.7 | Purgar gases não condensáveis para fora do condensador | X | X | | | | X | | prEN 378-2 art. **5.1** |
| 2.2.8 | Partir e parar os ventiladores de todos os tipos de condensadores | | X | X | X | X | X | X | prEN 378-2 art. **6.3** |
| 2.2.9 | Fazer medições durante o funcionamento do sistema de refrigeração | | X | X | X | X | X | | prEN 378-4 art. **4** |
| 2.2.10 | Verificar se o condensador está em bom estado de funcionamento | | X | X | X | X | X | | prEN 378-4 art. **4** |
| 2.2.11 | Verificar a superfície do condensador | | X | X | X | X | X | | prEN 378-4 art. **4** |
| 2.2.12 | Elaborar um relatório sobre o estado do condensador | | X | X | X | X | X | | prEN 378-4 art. **4.3** |
| 2.2.13 | Decidir se alguma parte do condensador necessita de reparos | | | | X | X | X | | prEN 378-4 art. **4.3** |
| 2.2.14 | Decidir se o condensador necessita ser substituído | | | | X | X | X | | prEN 378-4 art. **4.3** |
| | | | | | | | | | |
| **Resultados**<br>Um condensador funcionando perfeitamente contribui para um baixo consumo de energia e uma dissipação mínima de carga térmica para o ambiente em que ele está instalado. | | | | | | | | | |

| Competência Profissional | | Atividades principais | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2.3 Componente: Evaporador**<br>**Descrição**<br>A ARC deve ser capaz de instalar, colocar em funcionamento e realizar a manutenção de evaporadores resfriados a ar e resfriados à água. | | Pré-montagem | Instalação | Relatórios Técnicos | Comissionamento | Monitoramento | Identificação de falhas | Desmontagem | **Para as autoridades nacionais certificarem a qualificação, elas devem garantir que os principais regulamentos europeus e nacionais, e as principais diretrizes e normas mencionadas abaixo sejam atendidos:** |
| **Critérios de Sucesso** | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | |
| 2.3.1 | Explicar a função do evaporador no sistema | X | X | X | X | X | X | X | EN 13313 |
| 2.3.2 | Explicar o funcionamento do evaporador | X | X | X | X | X | X | | EN 13313 |
| 2.3.3 | Explicar as várias maneiras de realizar o degelo do evaporador | | X | X | X | X | X | | EN 13313 |
| 2.3.4 | Ajustar os controles de pressão de evaporação do evaporador | | X | X | X | X | X | | prEN 378-2 art. 5.1 |
| 2.3.5 | Instalar os tipos de evaporadores mencionados acima | X | X | | | | X | | prEN 378-2 art. 5.1 |
| 2.3.6 | Conectar os dispositivos de segurança e controle | X | X | | | | X | | prEN 378-2 art. 5.1 |
| 2.3.7 | Instalar a tubulação de líquido e de sucção na posição correta | X | X | | | | X | | prEN 378-2 art. 5.1 |
| 2.3.8 | Instalar a tubulação de degelo a gás quente na posição correta | X | X | | | | X | | prEN 378-2 art. 5.1 |
| 2.3.9 | Instalar tubulação de gás quente para proteger evaporadores resfriados à água contra baixa pressão de evaporação | | X | X | X | X | X | X | prEN 378-2 art. 5.1 |
| 2.3.10 | Partir e parar os ventiladores de todos os tipos de evaporadores | | X | X | X | X | X | | prEN 378-2 art. 6.3 |
| 2.3.11 | Fazer medições durante o funcionamento do sistema de refrigeração | | X | X | X | X | X | | prEN 378-4 art. 4 |
| 2.3.12 | Verificar se o evaporador está em bom estado de funcionamento | | X | X | X | X | X | | prEN 378-4 art. 4 |
| 2.3.13 | Verificar a superfície do evaporador | | X | X | X | X | X | | prEN 378-4 art. 4 |
| 2.3.14 | Elaborar relatórios sobre o estado do evaporador | | | X | X | X | X | | prEN 378-4 art. 4.3 |
| 2.3.15 | Decidir se alguma parte do evaporador necessita de reparos | | | | X | X | X | | prEN 378-4 art. 4.3 |
| 2.3.16 | Decidir se o evaporador necessita ser substituído | | | | X | X | X | | prEN 378-4 art. 4.3 |
| **Resultados** | | | | | | | | | |
| Um evaporador funcionando perfeitamente contribui para um baixo consumo de energia e um desempenho confiável conforme planejado pelo cliente. | | | | | | | | | |

| Competência Profissional | | Atividades principais | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2.4 Válvulas de expansão e outros componentes**<br>**Descrição**<br>O ARC deve ser capaz de instalar, colocar em operação e consertar Válvulas de Expansão Termostáticas (TEV) e outros componentes.<br>**Critérios de Sucesso** | | Pré-montagem | Instalação | Relatórios técnicos | Comissionamento | Monitora mento | Identificação de falhas | Desmontagem | **Para que as autoridades nacionais certificarem a qualificação, elas devem garantir que os principais regulamentos europeus e nacionais, e as principais diretrizes e normas mencionadas abaixo sejam atendidos:** |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 2.4.1 | Explicar a função de uma TEV em um sistema | | X | | X | X | X | | |
| 2.4.2 | Explicar o funcionamento de uma TEV em um sistema | X | X | | X | X | | | EN 13313 |
| 2.4.3 | Explicar o princípio de funcionamento de diferentes tipos de reguladores de expansão | | X | | X | X | X | | EN 13313 |
| 2.4.4 | Instalar a válvula TEV mecânica e eletrônica | X | X | | | | X | | EN 13313 |
| 2.4.5 | Ajustar a válvula TEV mecânica e eletrônica | | | | X | X | X | | prEN 378-2 art. 5.1 |
| 2.4.6 | Instalar e ajustar termostatos mecânicos e eletrônicos | X | X | | X | | X | | prEN 378-2 art. 5.1 |
| 2.4.7 | Instalar e ajustar limitador de pressão mecânico e eletrônico | X | X | | X | X | X | | prEN 378-2 art. 5.1 |
| 2.4.8 | Instalar e inspecionar o funcionamento do separador de óleo | X | X | | X | X | X | | prEN 378-2 art. 5.1 |
| 2.4.9 | Instalar o tanque de líquido | X | X | | | | | | prEN 378-2 art. 5.1 |
| 2.4.10 | Instalar o visor de líquido e verificar a condição do fluido frigorífico | X | X | | X | X | X | | prEN 378-2 art. 5.1 |
| 2.4.11 | Instalar o filtro secador e verificar a condição do secador | X | X | | X | X | X | | prEN 378-2 art. 5.1 |
| 2.4.12 | Instalar e inspecionar a válvula solenoide | X | X | | X | X | X | | prEN 378-2 art. 5.1 |
| 2.4.13 | Instalar a válvula de bloqueio | X | X | | | | | | prEN 378-2 art. 5.1 |
| 2.4.14 | Instalar e ajustar válvula regulada de pressão | X | X | | X | | X | | prEN 378-2 art. 5.1 |
| 2.4.15 | Elaborar relatório sobre a condição da TEV ou do componente | | | X | X | X | X | | prEN 378-4 art. 4.3 |
| 2.4.16 | Decidir se alguma parte da TEV ou se algum componente necessita de reparos | | | | X | X | X | | prEN 378-4 art. 4.3 |
| 2.4.17 | Decidir se a TEV ou algum componente necessita ser substituído. | | | | X | X | X | | prEN 378-4 art. 4.3 |
| **Resultados** | | | | | | | | | |
| Uma TEV em perfeito funcionamento contribui para um baixo consumo de energia e uma boa performance conforme planejado pelo cliente. | | | | | | | | | |
| Componentes perfeitamente instalados e ajustados contribuem para um funcionamento otimizado do sistema. | | | | | | | | | |

| Competência Profissional | | Atividades principais | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **3.1 Tubulação**<br>**Descrição** | | Pré-montagem | Instalação | Relatórios técnicos | Comissionamento | Monitoramento | Identificação de falhas | Desmontagem | **Para que as autoridades nacionais certificarem a qualificação, elas devem garantir que os principais regulamentos europeus e nacionais, e as principais diretrizes e normas mencionadas abaixo sejam atendidos:** |
| O ARC deve ser capaz de instalar a tubulação de cobre de um sistema de refrigeração sem pontos de vazamento. | | | | | | | | | |
| **Critérios de Sucesso**<br>**1** | | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | | |
| 3.1.1 | Trabalhar com tubos de cobre de ¼" (6mm) até 7/8" (28mm) e de 35mm a 54mm | X | X | | | | X | X | prEN378-2 art. 6.2 |
| 3.1.2 | Principalmente das seguintes formas: | | | | | | | | |
| 3.1.3 | - conexões roscadas com diâmetro de ¼" (6mm) até ¾" (18mm) | X | X | | | | X | X | prEN378-2 art. 6.2 |
| 3.1.4 | - curvas em tubos de cobre de ¼" (6mm) até 3/4" (18mm) | X | X | | | | X | X | |
| 3.1.5 | - conexões fixas feitas por soldas rígidas com diâmetro ¼" (6mm) até 7/8" (28mm) e de 35mm até 54mm | X | X | | | | X | X | EN 13133 |
| 3.1.6 | Realizar o processo de soldagem/brasagem de uniões com os seguintes materiais: | | | | | | | | |
| 3.1.7 | - cobre-cobre | X | X | | | | X | | EN 13133 |
| 3.1.8 | - cobre-aço | X | X | | | | X | | EN 13133 |
| 3.1.9 | - cobre-latão | X | X | | | | X | | EN 13133 |
| 3.1.10 | Instalar válvulas na posição correta | X | X | | | | X | | prEN 378-2 art. 5.1 |
| 3.1.11 | Instalar solenoide, válvulas de controle e outros dispositivos nas linhas de tubulação | X | X | | | | X | | prEN 378-2 art. 5.0 |
| 3.1.12 | Instalar isolamento flexível | X | X | | | | | | prEN 378-2 art. 5.1 |
| 3.1.13 | Instalar os suportes da tubulação | X | X | | | | X | | prEN378-2 art. 6.3 |
| 3.1.14 | Executar testes de resistência à pressão | X | X | X | | | | | prEN378-2 art. 6.3 |
| 3.1.15 | Executar testes de estanqueidade | | X | X | | | X | | prEN378-2 art. 6.3 |
| 3.1.16 | Executar testes de funcionamento | X | X | X | | | | | prEN378-2 art. 6.3 |
| 3.1.17 | Executar teste de conformidade de toda a instalação | | X | X | | | | | prEN378-2 art. 6.3 |
| **Resultados** | | | | | | | | | |
| Sistema de tubulação de refrigeração de forma segura, sustentável e sem vazamentos no momento do procedimento de partida do sistema. | | | | | | | | | |
| Sistema de tubulação de refrigeração sustentável e sem vazamentos durante sua operação | | | | | | | | | |

| Competência Profissional | | Atividades principais | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **4.1 Eletricidade**<br>**Descrição** | | Pré-montagem | Instalação | Relatórios técnicos | Comissionamento | Monitoramento | Identificação de falhas | Desmontagem | **Para que as autoridades nacionais certificarem a qualificação, elas devem garantir que os principais regulamentos europeus e nacionais, e as principais diretrizes e normas mencionadas abaixo sejam atendidos:** |
| O ARC deve ser capaz de instalar o cabeamento elétrico e fiação de um sistema de refrigeração. | | | | | | | | | |
| **Critérios de Sucesso**<br>**1** | | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | | |
| 4.1.1 | Explicar o uso de diferentes tipos de cabos e fios | X | X | | | | X | | EN 50110 art.3.2.4 |
| 4.1.2 | Explicar o uso de diferentes tipos de classificação de conexões | X | X | | | | X | | EN 50110 art.3.2.4 |
| 4.1.3 | Explicar o uso de diferentes tipos de classificação de IP | X | X | | X | X | X | | EN 50110 art.3.2.4 |
| 4.1.4 | Explicar os diferentes tipos de fusíveis de segurança e interruptores | | X | | | | X | | EN 50110 art.3.2.4 |
| 4.1.5 | Instalar equipamento elétrico e motores | | X | | | | X | | EN 50110 art.6.2 |
| 4.1.6 | Passar os cabos em suas respectivas vias | X | X | | X | | X | | EN 50110 art.6.2 |
| 4.1.7 | Montar um painel de comando | X | X | | X | | X | | EN 50110 art.6.2 |
| 4.1.8 | Instalar a alimentação de energia no painel principal | | X | | X | | X | | EN 60204-1 |
| 4.1.9 | Instalar motor monofásico ou trifásico | | X | | X | | X | | EN 50110 art.6.2 |
| 4.1.10 | Conectar os componentes elétricos | X | X | | X | | X | | EN 50110 art.6.2 |
| 4.1.11 | Verificar a segurança elétrica de acordo com regulações nacionais e da UE | | | | X | X | X | | EN 50110 art.5.3 |
| 4.1.12 | Verificar o consumo de potência do motor | | | | X | X | X | | EN 50110 art.5.3 |
| 4.1.13 | Medir o equipamento elétrico e cabeamento | | X | | X | X | X | | EN 50110 art.5.3 |
| 4.1.14 | Ajustar os interruptores elétricos de segurança | | | | X | | X | | EN 50110 art.5.3 |
| 4.1.15 | Ajustar equipamentos elétricos | | | | X | | X | | EN 50110 art.5.3 |
| 4.1.16 | Verificar a direção de rotação de um motor | | | | X | | X | | EN 50110 art.5.3 |
| 4.1.17 | Decidir se algum componente elétrico necessita de reparos | | | X | | X | X | | EN 13313 |
| 4.1.18 | Decidir se algum componente elétrico necessita ser substituído | | | X | | X | X | | EN 13313 |
| 4.1.19 | Elaborar um relatório sobre um componente elétrico. | | | X | X | X | X | | EN 13313 |
| **Resultados** | | | | | | | | | |
| Um ambiente seguro para o cliente e sua equipe. | | | | | | | | | |
| Um sistema elétrico confiável. | | | | | | | | | |

| Competência Profissional | | Atividades principais | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **5.1 Medições e análises**<br><br>O ARC deve ser capaz de fazer medições e análises de dados físicos, e realizar diagnósticos corretamente.<br>**Critérios de Sucesso** | | Pré-montagem | Instalação | Relatórios técnicos | Comissionamento | Monitoramento | Identificação de falhas | Desmontagem | **Para que as autoridades nacionais certificarem a qualificação, elas devem garantir que os principais regulamentos europeus e nacionais, e as principais diretrizes e normas mencionadas abaixo sejam atendidos:** |
| **1** | | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | | |
| 5.1.1 | Usar um conjunto de manômetros | | | | X | X | X | x | EN 13313 |
| 5.1.2 | Usar um termômetro | | | | X | X | x | | EN 13313 |
| 5.1.3 | Usar um manômetro com unidade em "torr" | | X | | X | | X | x | EN 13313 |
| 5.1.4 | Usar balanças para pesagem de fluido frigorífico | | | | X | | X | x | EN 13313 |
| 5.1.5 | Usar um medidor de vazão | | | | X | X | x | | EN 13313 |
| 5.1.6 | Usar um kit de teste de acidez para inspecionar uma amostra de óleo | | | | X | X | x | | EN 13313 |
| 5.1.7 | Usar um kit para recolhimento | | | | X | | X | x | EN 13313 |
| 5.1.8 | Manusear um cilindro de fluido frigorífico | | | | X | | X | x | EN 13313 |
| 5.1.9 | Drenar o óleo de um sistema | | | | X | | X | x | EN 13313 |
| 5.1.10 | Usar um multímetro para medir tensão (V) /corrente (A) / resistência ôhmica (ohms) | | | | X | X | x | | EN 13313 |
| 5.1.11 | Usar um dispositivo eletrônico de detecção de vazamentos | | | | X | X | x | | EN 13313 |
| 5.1.12 | Usar uma bomba de vácuo | | | | X | | X | | EN 13313 |
| 5.1.13 | Inserir os dados em um diagrama p/h (com escala logarítmica) | | | | X | X | x | | EN 13313 |
| 5.1.14 | Inserir os dados em um diagrama h/x | | | | X | X | x | | EN 13313 |
| 5.1.15 | Usar informações sobre o produto | | | | X | X | x | | EN 13313 |
| 5.1.16 | Usar um programa de computador para controlar o sistema | | | | X | X | x | | EN 13313 |
| 5.1.17 | Elaborar um relatório baseado nos resultados das medidas e chegar a conclusões corretas | | | | X | X | X | x | Regulação "F-gas" |
| **Resultados**<br><br>Registro de informações corretas sobre as condições do sistema no momento da medição/análise para permitir uma revisão do histórico e para serem usadas futuramente. | | | | | | | | | |

| Competência Profissional | | Atividades principais | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **6.1 Comunicação**<br>O ARC deve ser capaz de informar um cliente sobre os procedimentos de trabalho e o uso de um sistema de refrigeração. | | Pré-montagem | Instalação | Relatórios técnicos | Comissionamento | Monitoramento | Identificação de falhas | Desmontagem | **Para que as autoridades nacionais certificarem a qualificação, elas devem garantir que os principais regulamentos europeus e nacionais, e as principais diretrizes e normas mencionadas abaixo sejam atendidos:** |
| **Critérios de Sucesso 1** | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | |
| 6.1.1 | Marcar um encontro com o cliente | | X | | X | X | X | X | Regulação "F-gas" |
| 6.1.2 | Informar o cliente de maneira adequada sobre o método de operação do sistema de refrigeração | | X | | X | X | X | X | prEN 378-4 Art. 4.2 |
| 6.1.3 | Considerar as expectativas do cliente | | | | X | X | X | X | Regulação "F-gas" |
| 6.1.4 | Instruir o cliente sobre planejamento de manutenção | | | | X | X | X | | Regulação "F-gas" |
| 6.1.5 | Instruir o cliente sobre economia de energia | | X | | X | X | X | | Regulação "F-gas" |
| 6.1.6 | Conscientizar o cliente sobre questões ambientais | | X | | X | X | X | X | Regulação "F-gas" |
| 6.1.7 | Instruir o cliente sobre questões de segurança | | X | | X | X | X | | prEN 378-4 Art. 4.2 |
| 6.1.8 | Atender as reclamações do cliente | | | | X | X | X | | Regulação "F-gas" |
| 6.1.9 | Instruir o cliente sobre o desligamento do sistema de refrigeração | | | | X | X | X | X | Regulação "F-gas" |
| 6.1.10 | Instruir o cliente caso um novo sistema, ou o reparo de componentes, seja necessário | | | | | X | X | | Regulação "F-gas" |
| 6.1.11 | Explicar ao cliente os procedimentos de trabalho | | X | | X | X | X | | Regulação "F-gas" |
| 6.1.12 | Explicar ao cliente o conteúdo de um relatório | | X | X | X | X | X | | Regulação "F-gas" |
| **Resultados**<br>O cliente recebe as informações necessárias sobre o sistema instalado, em diferentes momentos do seu tempo de vida, e o cliente deve estar ciente sobre o desempenho do sistema a ser esperado no futuro. | | | | | | | | | |

| Competência Profissional | Atividades principais | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **7.1 Regulamentos ambientais e de segurança**<br>O ARC deve ser capaz de lidar com o sistema de refrigeração de modo que não haja perda de fluido frigorífico e funcione com segurança. | Pré-montagem | Instalação | Relatórios técnicos | Comissiona mento | Monitoramento | Identificação de falhas | Desmontagem | **Para que as autoridades nacionais certificarem a qualificação, elas devem garantir que os principais regulamentos europeus e nacionais, e as principais diretrizes e normas mencionadas abaixo sejam atendidos:** |
| **Critério de Sucesso**<br>**1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | | |
| Estar ciente e conhecer os regulamentos ambientais e de segurança | X | X | X | X | X | X | X | prEN378-4 art. 4.1 |
| Realizar um teste de pressão para inspecionar a resistência do sistema | X | X | | | | | | prEN378-1 art. 6.3.3 |
| Realizar um teste de pressão para inspecionar a estanqueidade do sistema | | X | | X | | X | | prEN378-1 art. 6.3.4 |
| Realizar o vácuo do sistema a um nível de 270 Pa | | X | | X | | X | | prEN378-4 art. 5.3 |
| Realizar a carga de fluido frigorífico no sistema sem perda de fluido | | X | | X | | X | | prEN378-4 art. 5.4 |
| Controlar a carga do fluido frigorífico | | | | X | X | X | X | prEN378-4 art. 5.1 |
| Fazer uma inspeção visual do sistema, com atenção especial para as juntas | | X | X | X | X | X | | prEN378-4 art. 5.1 |
| Fazer um teste de estanqueidade do sistema | | | X | X | X | X | | prEN378-1 art. 6.4.2.5 |
| Preencher os dados em um livro de registros | | | X | X | X | X | | prEN 378-4 art. 4.3 |
| Preencher o certificado do teste de pressão | | | X | X | | X | | prEN 378-4 art. 4.3 |
| Preencher o certificado do teste de evacuação | | | X | X | | X | | prEN 378-4 art. 4.3 |
| Preencher o certificado do teste de estanqueidade | | | X | X | X | X | | prEN 378-4 art. 4.3 |
| Preencher um relatório com números e dados de "start-up" | | | X | X | | X | | prEN 378-4 art. 4.3 |
| Preencher um relatório com números e dados operacionais | | | X | X | X | X | | prEN 378-4 art. 4.3 |
| Preencher um relatório sobre o fluido frigorífico em uso | | | X | X | | X | | prEN 378-4 art. 4.3 |
| Preencher um documento de remoção do fluido frigorífico sujo | | | X | | | X | X | prEN 378-4 art. 4.3 |
| Preencher um relatório sobre o fluido frigorífico removido de um sistema | | | X | | | X | X | prEN 378-4 art. 4.3 |
| Preencher um relatório de desmontagem do sistema | | | X | | | | X | Regulação "F-gas" |
| **Resultados** | | | | | | | | |
| Emissão mínima de fluido frigorífico. | | | | | | | | |
| Os auditores ambientais podem monitorar o histórico do sistema. | | | | | | | | |

# ANEXO 8: EXEMPLO DE CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DOS TÉCNICOS

| **Resultado do aprendizado**<br>(O avaliado será capaz de...) | **Critério de avaliação**<br>(O avaliado saberá...) |
|---|---|
| (I) Compreender os requisitos específicos de saúde e segurança que se aplicam à instalação, serviço e manutenção e descomissionamento de sistemas de RAC com HC. | • Identificar os perigos associados com fluidos frigoríficos HC: inflamabilidade, baixo ponto de ebulição, asfixia (mais pesado que o ar), LII, LSI, fontes de ignição, limites práticos, densidade.<br>• Identificar as designações de fluidos frigoríficos normalmente utilizadas.<br>• Quais são os requisitos para avaliações de riscos específicos relacionados com o HC.<br>• Identificar extintores de incêndio apropriados para o trabalho em sistemas de RAC com HC. |
| (II) Compreender os processos legislativos e organizacionais para a instalação, serviço e manutenção e descomissionamento de Sistemas de RAC com HC. | • Quais as fontes de informações apropriadas sobre saúde e segurança durante a instalação, manutenção e serviços e descomissionamento de sistemas de RAC<br>• Quais são os regulamentos, códigos de prática, e recomendações da indústria apropriadas para a instalação, manutenção e serviço e descomissionamento de sistemas de RAC, incluindo o trabalho com fluidos frigoríficos.<br>• Quais são as classificações de ocupação e limitações de quantidade de carga para sistemas de refrigeração.<br>• Quais são as limitações de quantidade de carga para resfriamento e aquecimento de conforto, dos sistemas de ar condicionado. |
| (III) Compreender as diferenças entre sistemas de RAC com halocarbonetos e com HC. | • Identificar as características específicas dos sistemas e componentes que se aplicam aos sistemas de HCs: dispositivos elétricos, caixas elétricas, outros dispositivos elétricos relacionados (incluindo os dispositivos usados no s sistemas de halocarbonetos), compressores (incluindo capacitores de partida e outras partes elétricas relacionadas).<br>• Identificar os recursos e características de: os sistemas que possuem grandes quantidades de carga, a compatibilidade de óleo, as propriedades, vantagens e desvantagens de fluidos frigoríficos HCs, incluindo:<br>- Implicações de vazamentos (diretos e indiretos);<br>- Propriedades termodinâmicas;<br>- Capacidade de refrigeração e eficiência energética;<br>- Densidade;<br>- Ausência de mau cheiro.<br>• Por que os HCs não são adequados para retrofit em sistemas halocarbonetos.<br>• Identificar aplicações típicas de sistemas de RAC com HC: sistema integrado (plug-in), chillers, sistemas de cascata com CO2 no estágio de alta, sistemas de A/C tipo split, refrigeradores domésticos (isobutano). |
| (IV) Compreender os procedimentos para o planejamento e preparação para realizar os serviços nos Sistemas de RAC com HC. | • Os requisitos necessários para completar uma avaliação de risco para realização de serviços em sistemas de RAC com HC.<br>• Os requisitos para a criação e manutenção de uma área de trabalho segura, incluindo os requisitos para o zoneamento temporário.<br>• Identificar as ferramentas e equipamentos adequados para realização de serviços em sistemas de RAC com HC. |
| (V) Se planejar e se preparar para realização de serviços em sistemas de RAC com HC. | • Completar uma avaliação de riscos específicos sobre o local (usando um modelo de avaliação dinâmica de risco).<br>• Os requisitos necessários para criar e manter uma área de trabalho segura.<br>• Identificar ferramentas, equipamentos e EPIs adequados para realização de serviços em sistemas de RAC com HC. |

| **Resultado do aprendizado**<br>(O avaliado será capaz de...) | **Critério de avaliação**<br>(O avaliado saberá...) |
|---|---|
| (VI) Entender as necessidades específicas para instalar e testar sistemas de RAC com HC. | • Identificar classes de ocupação.<br>• Identificar a carga máxima de fluido frigorífico com base na classe de ocupação.<br>• Calcular a carga máxima com base no limite prático.<br>• Determinar a partir de cálculos a carga máxima específica do sistema.<br>• Os métodos e procedimentos utilizado no: teste de resistência, teste de estanqueidade, teste de vazamento, evacuação e desidratação.<br>• Os procedimentos para carga de fluidos frigoríficos em sistemas com HC.<br>• Os procedimentos para determinar quando a carga está correta.<br>• Os registros a serem concluídos antes da entrega.<br>• Os requisitos necessários para a sinalização de segurança dos sistemas de RAC com HC.<br>• Especificar as informações que devem ser fornecidas aos clientes, incluindo: operação do sistema e controles, usando apenas profissionais de serviços devidamente treinados, e restrições sobre a relocação de equipamentos. |
| (VII) Entender as diferenças entre os procedimentos de manutenção e serviço dos sistemas de halocarbonetos e dos sistemas de HC. | • Identificar componentes de substituição similares para os seguintes itens: dispositivos elétricos, caixas elétricas, outros dispositivos elétricos relacionados (incluindo os dispositivos usados no s sistemas de halocarbonetos), compressores (incluindo capacitores de partida e outros itens relacionados).<br>• A importância de manter a integridade das caixas elétricas seladas.<br>• Os métodos apropriados para o técnico acessar o fluido frigorífico dos sistemas com HC.<br>• Especificar os requisitos necessários para o recolhimento de fluidos frigoríficos HC, incluindo situações em que pode ser seguro liberar o fluido frigorífico para a atmosfera.<br>• Os requisitos necessários para a utilização segura das bombas de vácuo ao realizar a evacuação dos sistemas com HC. |
| (VIII) Realizar serviço e manutenção dos sistemas de RAC com HC. | • Calcular o peso adequado para encher o cilindro de recolhimento com segurança (diferença de densidade entre HFC e HC).<br>• Conectar o equipamento e prepará-lo para o recolhimento.<br>• Recolher o fluido frigorífico HC até uma determinada pressão.<br>• Pressurizar o sistema com nitrogênio até uma determinada pressão e liberá-lo para a atmosfera.<br>• Dessoldagem de um componente conforme especificado.<br>• Refazer a brasagem de um componente conforme especificado e durante o fluxo de nitrogênio, através da tubulação.<br>• Fazer teste de pressão das conexões (de contenção).<br>• Evacuar o sistema até atingir um nível abaixo de 2.000 microns.<br>• Realizar a carga de fluido frigorífico conforme o peso especificado.<br>• Colocar o sistema em funcionamento e verificar sua operação.<br>• Remover o equipamento de carga de fluido.<br>• Garantir a estanqueidade do sistema e completar teste de vazamento com equipamento adequado.<br>• Completar os registros de serviço de forma apropriada. |
| (IX) Compreender os procedimentos de descomissionamento de sistemas de RAC com HC. | • Identificar os procedimentos de segurança para o manuseio de materiais de um sistema potencialmente perigoso, incluindo: fluidos frigoríficos HCs.<br>• Identificar sequências do procedimento de descomissionamento e realizá-lo com segurança, de acordo com os procedimentos apropriados e recomendados pela indústria. |

# ANEXO 9: LIVRO DE REGISTROS PARA USO DE FLUIDOS FRIGORÍFICOS

| LIVRO DE REGISTROS PARA UNIDADE DE REFRIGERAÇÃO COM HIDROCARBONETO / SISTEMA DE AR CONDICIONADO | | | |
|---|---|---|---|
| **Informações gerais** | | | |
| Nome da instalação: | | | N° de referência: |
| Local da instalação: | | | |
| Operador da instalação (nome, endereço e telefone): | | | |
| Pessoa de contato do operador: | | | |
| Capacidade de resfriamento/aquecimento da instalação: | | | |
| Fabricante do sistema: | | Ano de instalação: | |
| Tipo de fluido frigorífico: | | Quantidade de fluido frigorífico: | |
| **Acréscimo de fluido frigorífico** | | | |
| Data | Empresa/funcionário/n° de registro | Quantidade adicionada (kg) | Razão do acréscimo |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| **Recolhimento de fluido frigorífico** | | | |
| Data | Empresa/funcionário/n° de registro | Quantidade recolhida (kg) | Razão do recolhimento |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| **Teste de vazamento** | | | |
| Data | Empresa/funcionário/n° de registro | Resultado (local e causas do vazamento) | Atividades de acompanhamento necessárias |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| **Inspeções de componentes elétricos/fontes potenciais de ignição** | | | |
| Data | Empresa/funcionário/n° de registro | Resultado (itens com falhas, correções) | Atividades de acompanhamento necessárias |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| **Teste do sistema automático de detecção de vazamentos e do sistema de emergência (caso aplicável)** | | | |
| Data | Empresa/funcionário/n° de registro | Resultado (itens com falhas, correções) | Atividades de acompanhamento necessárias |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| **Atividades de acompanhamento** | | | |
| Data | Empresa/funcionário/n° de registro | Referente aos testes/inspeções em: | Atividades realizadas |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

# ANEXO 10: TABELAS DE PRESSÃO DE VAPOR E DENSIDADE DE LÍQUIDOS

Para determinar as pressões de teste e de trabalho de componentes de sistema e unidades, é importante ter dados sobre a relação pressão-temperatura do fluido frigorífico. Os dados dos cinco tipos fluidos frigoríficos HCs conforme abaixo são apresentados nesse anexo considerando uma faixa padrão de temperatura:

- R600a;
- R290;
- R1270;
- "Blend" de R290 (94% mol) / R170 (6% mol);
- "Blend" de R290 (50% mol) / R600a (50% mol).

Os dados foram gerados usando Refprop versão 8[46], no qual os dados para outros HCs e suas misturas podem ser obtidos.

## Tabela de pressão de vapor e densidade do líquido

| Temperatura | R600a (isobutano) | | R290 (propano) | | R1270 (propileno) | | R290/R170 (blend) | | R290/R600a (blend) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pressão do vapor | Densidade do líquido | Pressão do vapor | Densidade do líquido | Pressão do vapor | Densidade do líquido | Pressão do vapor | Densidade do líquido | Pressão do vapor | Densidade do líquido |
| °C | kPa | kg/m$^3$ | kPa | kg/m$^3$ | kPa | kg/m$^3$ | kPa | kg/m$^3$ | kPa | kg/m$^3$ |
| -40 | 28 | 625 | 111 | 579 | 142 | 599 | 148 | 574 | 68 | 604 |
| -39 | 30 | 624 | 116 | 578 | 148 | 598 | 154 | 573 | 71 | 603 |
| -38 | 32 | 623 | 121 | 577 | 154 | 597 | 160 | 572 | 74 | 602 |
| -37 | 33 | 621 | 126 | 575 | 161 | 596 | 166 | 571 | 77 | 601 |
| -36 | 35 | 620 | 132 | 574 | 167 | 594 | 173 | 570 | 80 | 600 |
| -35 | 37 | 619 | 137 | 573 | 174 | 593 | 179 | 569 | 84 | 599 |
| -34 | 38 | 618 | 143 | 572 | 182 | 592 | 186 | 567 | 88 | 598 |
| -33 | 40 | 617 | 149 | 571 | 189 | 590 | 193 | 566 | 91 | 597 |
| -32 | 42 | 616 | 155 | 570 | 196 | 589 | 201 | 565 | 95 | 595 |
| -31 | 44 | 615 | 161 | 568 | 204 | 588 | 208 | 564 | 99 | 594 |
| -30 | 46 | 614 | 168 | 567 | 212 | 586 | 216 | 562 | 104 | 593 |
| -29 | 49 | 613 | 174 | 566 | 221 | 585 | 224 | 561 | 108 | 592 |
| -28 | 51 | 612 | 181 | 565 | 229 | 584 | 232 | 560 | 112 | 591 |
| -27 | 53 | 611 | 188 | 564 | 238 | 583 | 241 | 559 | 117 | 590 |
| -26 | 56 | 610 | 196 | 562 | 247 | 581 | 249 | 558 | 122 | 589 |
| -25 | 58 | 609 | 203 | 561 | 256 | 580 | 258 | 556 | 126 | 588 |
| -24 | 61 | 608 | 211 | 560 | 266 | 579 | 267 | 555 | 131 | 586 |
| -23 | 63 | 606 | 219 | 559 | 275 | 577 | 277 | 554 | 137 | 585 |
| -22 | 66 | 605 | 227 | 557 | 286 | 576 | 286 | 553 | 142 | 584 |
| -21 | 69 | 604 | 236 | 556 | 296 | 574 | 296 | 551 | 147 | 583 |
| -20 | 72 | 603 | 244 | 555 | 307 | 573 | 306 | 550 | 153 | 582 |
| -19 | 75 | 602 | 253 | 554 | 317 | 572 | 317 | 549 | 159 | 581 |

46 http://www.nist.gov/srd/nist23.htm

| Tempe-ratura | R600a (isobutano) | | R290 (propano) | | R1270 (propileno) | | R290/R170 (blend) | | R290/R600a (blend) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pressão do vapor | Densidade do líquido | Pressão do vapor | Densidade do líquido | Pressão do vapor | Densidade do líquido | Pressão do vapor | Densidade do líquido | Pressão do vapor | Densidade do líquido |
| -18 | 78 | 601 | 263 | 552 | 329 | 570 | 327 | 547 | 165 | 579 |
| -17 | 82 | 600 | 272 | 551 | 340 | 569 | 338 | 546 | 171 | 578 |
| -16 | 85 | 599 | 282 | 550 | 352 | 568 | 349 | 545 | 177 | 577 |
| -15 | 89 | 598 | 292 | 549 | 364 | 566 | 361 | 544 | 184 | 576 |
| -14 | 92 | 596 | 302 | 547 | 377 | 565 | 373 | 542 | 190 | 575 |
| -13 | 96 | 595 | 312 | 546 | 389 | 563 | 385 | 541 | 197 | 574 |
| -12 | 100 | 594 | 323 | 545 | 402 | 562 | 397 | 540 | 204 | 572 |
| -11 | 104 | 593 | 334 | 543 | 416 | 561 | 410 | 538 | 211 | 571 |
| -10 | 108 | 592 | 345 | 542 | 429 | 559 | 423 | 537 | 219 | 570 |
| -9 | 112 | 591 | 357 | 541 | 444 | 558 | 436 | 536 | 226 | 569 |
| -8 | 117 | 590 | 369 | 539 | 458 | 556 | 450 | 534 | 234 | 568 |
| -7 | 121 | 589 | 381 | 538 | 473 | 555 | 463 | 533 | 242 | 566 |
| -6 | 126 | 587 | 393 | 537 | 488 | 553 | 478 | 532 | 250 | 565 |
| -5 | 131 | 586 | 406 | 535 | 503 | 552 | 492 | 530 | 259 | 564 |
| -4 | 136 | 585 | 419 | 534 | 519 | 551 | 507 | 529 | 267 | 563 |
| -3 | 141 | 584 | 433 | 533 | 535 | 549 | 522 | 528 | 276 | 561 |
| -2 | 146 | 583 | 446 | 531 | 552 | 548 | 538 | 526 | 285 | 560 |
| -1 | 151 | 582 | 460 | 530 | 569 | 546 | 554 | 525 | 294 | 559 |
| 0 | 157 | 580 | 475 | 529 | 586 | 545 | 570 | 523 | 304 | 558 |
| 1 | 162 | 579 | 489 | 527 | 604 | 543 | 586 | 522 | 314 | 556 |
| 2 | 168 | 578 | 504 | 526 | 622 | 542 | 603 | 521 | 324 | 555 |
| 3 | 174 | 577 | 520 | 525 | 640 | 540 | 620 | 519 | 334 | 554 |
| 4 | 180 | 576 | 535 | 523 | 659 | 539 | 638 | 518 | 344 | 553 |
| 5 | 186 | 575 | 551 | 522 | 678 | 537 | 656 | 516 | 355 | 551 |
| 6 | 193 | 573 | 568 | 520 | 698 | 536 | 674 | 515 | 366 | 550 |
| 7 | 199 | 572 | 584 | 519 | 718 | 534 | 693 | 513 | 377 | 549 |
| 8 | 206 | 571 | 602 | 518 | 739 | 532 | 712 | 512 | 388 | 548 |
| 9 | 213 | 570 | 619 | 516 | 760 | 531 | 732 | 511 | 400 | 546 |
| 10 | 220 | 569 | 637 | 515 | 781 | 529 | 752 | 509 | 412 | 545 |
| 11 | 228 | 567 | 655 | 513 | 803 | 528 | 772 | 508 | 424 | 544 |
| 12 | 235 | 566 | 674 | 512 | 825 | 526 | 793 | 506 | 437 | 542 |
| 13 | 243 | 565 | 693 | 510 | 848 | 525 | 814 | 505 | 449 | 541 |
| 14 | 251 | 564 | 712 | 509 | 871 | 523 | 835 | 503 | 462 | 540 |
| 15 | 259 | 562 | 732 | 507 | 895 | 521 | 857 | 502 | 476 | 538 |
| 16 | 267 | 561 | 752 | 506 | 919 | 520 | 880 | 500 | 489 | 537 |
| 17 | 275 | 560 | 773 | 504 | 943 | 518 | 902 | 499 | 503 | 536 |
| 18 | 284 | 559 | 794 | 503 | 968 | 516 | 926 | 497 | 517 | 534 |
| 19 | 293 | 557 | 815 | 501 | 994 | 515 | 949 | 496 | 532 | 533 |
| 20 | 302 | 556 | 837 | 500 | 1020 | 513 | 973 | 494 | 546 | 532 |
| 21 | 311 | 555 | 859 | 498 | 1046 | 511 | 998 | 492 | 561 | 530 |
| 22 | 321 | 554 | 882 | 497 | 1073 | 510 | 1023 | 491 | 577 | 529 |
| 23 | 330 | 552 | 905 | 495 | 1101 | 508 | 1048 | 489 | 592 | 528 |

| Tempe-ratura | R600a (isobutano) | | R290 (propano) | | R1270 (propileno) | | R290/R170 (blend) | | R290/R600a (blend) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pressão do vapor | Densidade do líquido | Pressão do vapor | Densidade do líquido | Pressão do vapor | Densidade do líquido | Pressão do vapor | Densidade do líquido | Pressão do vapor | Densidade do líquido |
| 24 | 340 | 551 | 928 | 494 | 1129 | 506 | 1074 | 488 | 608 | 526 |
| 25 | 350 | 550 | 952 | 492 | 1158 | 504 | 1101 | 486 | 624 | 525 |
| 26 | 361 | 549 | 977 | 490 | 1187 | 503 | 1127 | 484 | 641 | 523 |
| 27 | 371 | 547 | 1002 | 489 | 1216 | 501 | 1155 | 483 | 658 | 522 |
| 28 | 382 | 546 | 1027 | 487 | 1246 | 499 | 1182 | 481 | 675 | 521 |
| 29 | 393 | 545 | 1053 | 486 | 1277 | 497 | 1211 | 480 | 692 | 519 |
| 30 | 405 | 543 | 1079 | 484 | 1308 | 496 | 1239 | 478 | 710 | 518 |
| 31 | 416 | 542 | 1106 | 482 | 1340 | 494 | 1269 | 476 | 728 | 516 |
| 32 | 428 | 541 | 1133 | 481 | 1373 | 492 | 1298 | 474 | 747 | 515 |
| 33 | 440 | 539 | 1161 | 479 | 1405 | 490 | 1329 | 473 | 766 | 514 |
| 34 | 452 | 538 | 1189 | 477 | 1439 | 488 | 1360 | 471 | 785 | 512 |
| 35 | 465 | 537 | 1218 | 476 | 1473 | 486 | 1391 | 469 | 804 | 511 |
| 36 | 477 | 535 | 1247 | 474 | 1508 | 484 | 1423 | 468 | 824 | 509 |
| 37 | 490 | 534 | 1277 | 472 | 1543 | 483 | 1455 | 466 | 845 | 508 |
| 38 | 504 | 533 | 1307 | 471 | 1579 | 481 | 1488 | 464 | 865 | 506 |
| 39 | 517 | 531 | 1338 | 469 | 1615 | 479 | 1521 | 462 | 886 | 505 |
| 40 | 531 | 530 | 1370 | 467 | 1652 | 477 | 1555 | 460 | 907 | 503 |
| 41 | 545 | 529 | 1401 | 465 | 1690 | 475 | 1590 | 459 | 929 | 502 |
| 42 | 559 | 527 | 1434 | 464 | 1728 | 473 | 1625 | 457 | 951 | 500 |
| 43 | 574 | 526 | 1467 | 462 | 1767 | 471 | 1660 | 455 | 974 | 499 |
| 44 | 589 | 524 | 1500 | 460 | 1807 | 469 | 1697 | 453 | 997 | 497 |
| 45 | 604 | 523 | 1534 | 458 | 1847 | 467 | 1733 | 451 | 1020 | 496 |
| 46 | 620 | 522 | 1569 | 456 | 1888 | 464 | 1771 | 449 | 1043 | 494 |
| 47 | 635 | 520 | 1604 | 454 | 1929 | 462 | 1809 | 447 | 1067 | 492 |
| 48 | 652 | 519 | 1640 | 452 | 1972 | 460 | 1847 | 445 | 1092 | 491 |
| 49 | 668 | 517 | 1676 | 450 | 2014 | 458 | 1886 | 443 | 1117 | 489 |
| 50 | 685 | 516 | 1713 | 449 | 2058 | 456 | 1926 | 441 | 1142 | 488 |
| 51 | 702 | 515 | 1751 | 447 | 2102 | 454 | 1966 | 439 | 1167 | 486 |
| 52 | 719 | 513 | 1789 | 445 | 2147 | 451 | 2007 | 437 | 1193 | 484 |
| 53 | 736 | 512 | 1828 | 443 | 2193 | 449 | 2049 | 435 | 1220 | 483 |
| 54 | 754 | 510 | 1867 | 441 | 2239 | 447 | 2091 | 433 | 1247 | 481 |
| 55 | 773 | 509 | 1907 | 438 | 2286 | 444 | 2134 | 431 | 1274 | 480 |
| 56 | 791 | 507 | 1948 | 436 | 2334 | 442 | 2177 | 429 | 1302 | 478 |
| 57 | 810 | 506 | 1989 | 434 | 2382 | 440 | 2222 | 426 | 1330 | 476 |
| 58 | 829 | 504 | 2031 | 432 | 2432 | 437 | 2266 | 424 | 1359 | 474 |
| 59 | 849 | 503 | 2073 | 430 | 2482 | 435 | 2312 | 422 | 1388 | 473 |
| 60 | 869 | 501 | 2117 | 428 | 2532 | 432 | 2358 | 420 | 1417 | 471 |